3

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs–PBH

Guia de Boas Práticas
Manutenção de Sistemas de Refrigeração

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs
Projeto para o Setor de Serviços

Presidência da República
Dilma Rousseff

Ministério do Meio Ambiente
Izabella Teixeira

Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Carlos Augusto Klink

Departamento de Mudanças Climáticas
Adriano Santhiago de Oliveira

Gerência de Proteção da Camada de Ozônio
Magna Luduvice

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

3

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs–PBH

Guia de Boas Práticas
Manutenção de Sistemas de Refrigeração

MMA
Brasília, 2015.

Coordenação
Frank Amorim
Stefanie von Heinemann

Autoria
Rolf Huehren
Gutenberg da Silva Pereira

Revisão Técnica
Pedro de Oliveira Serio

Colaboração
Gabriela Teixeira Rodrigues Lira

Fotografia
Gutenberg da Silva Pereira
Rolf Huehren

Projeto Gráfico, Diagramação e Arte
Agência Duo Design

Revisão Ortográfica
Sete Estrelas Comunicação

Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Departamento de Mudanças Climáticas,
Gerência de Proteção da Camada de Ozônio
SEPN 505, Lote 2, Bloco B,
Ed. Marie Prendi Cruz
CEP: 70.730-542 – Brasília-DF
Telefone: (61) 2028-2248
E-mail: ozonio@mma.gov.br

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
SCN Quadra 1, Bloco C, Sala 1501,
Ed. Brasília Trade Center
CEP: 70.711-902 – Brasília-DF
Telefone: (61) 2101-2170
E-mail: giz-brasilien@giz.de

Catalogação na Fonte
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

B823p Brasil. Ministério do Meio Ambiente.

Programa Brasileiro de eliminação dos HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 3: Manutenção de sistemas de Refrigeração / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2015.

80 p. ; Il. Color.

ISBN 978-85-7738-249-1

1. Manual (Refrigeração). 2. Ar condicionado. 3. Camada de ozônio. 4. HCFCs-PBH. 5. Protocolo de Montreal. I. Ministério do Meio Ambiente. II. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. III. Departamento de Mudanças Climáticas. IV. Título.

CDU(2.ed.)621.565

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Brasileiro de eliminação dos HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 3**: manutenção de sistemas de refrigeração. Brasília: MMA, 2015. 80 p.

REPRODUÇÃO DESTE DOCUMENTO

Este documento pode ser reproduzido na íntegra ou em parte sem consentimento prévio por escrito desde que a parte reproduzida seja atribuída ao Ministério do Meio Ambiente e à Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

ÍNDICE

1. PRINCÍPIOS BÁSICOS 8
1.1. Instalação 8
1.2. Comissionamento 8
1.3. Conversão 8
1.4. Descomissionamento e desmontagem 9
1.5. Competência de profissionais e empresas prestadoras de serviços 9
1.6. Deveres de proprietários e operadores 9
1.7. Importância da "cadeia do frio" 12
1.8. Armazenamento de Alimentos e Vacinas 13
1.9. Documentação 13
1.10. Símbolos do circuito de refrigeração de acordo com EN1861 13

2. DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO 15
2.1. Reparos no sistema RAC 18
2.2. Configuração de controles 21
2.3. Sistema de degelo do evaporador 21

3. MEDIÇÕES 22

4. INSTALAÇÃO ELÉTRICA E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS 27
4.1. Problemas gerais de manutenção do circuito elétrico 27
4.2. Acompanhamento da resolução de problemas para aparelhos de refrigeração 28
4.3. As cinco regras de segurança 28

5. MEDIÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E COMPONENTES ELÉTRICOS 30
5.1. Manutenção correta do motor elétrico 30
5.2. Testes elétricos dos motores dos compressores de RAC 30

6. RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO E TESTES ELÉTRICOS DE MOTORES DE COMPRESSORES DE RAC 33
6.1. Fatores que afetam a resistência de isolamento e a vida útil do compressor 33
6.2. Teste de resistência de isolamento (IRT – "Insulation Resistance Test") 33

7. TROCA DE ÓLEO 39
7.1. Recarga de óleo em compressores herméticos 40
7.2. Carga de óleo em Compressores Semi-herméticos ou Abertos 40
7.3. Procedimentos de teste de óleo 42

8. MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA (PPM – "PLANNED PREVENTIVE MAINTENANCE") – INSPEÇÃO E ATIVIDADES DE ACORDO COM OS CHECKLISTS 43

8.1. Inspeção do sistema de RAC 44

8.2. Agrupamento das atividades sujeitas a manutenção (RAC) 45

8.3. Demanda em manutenção preventiva planejada 46

8.4. Manutenibilidade de sistemas de RAC

ANEXO 47

Anexo 1: Formulário para Inventário de Componentes do Sistema de RAC 47

Anexo 2: Registro de Teste do Circuito de Refrigeração 49

Anexo 3: Relatório para Análise de Vazamentos de Fluidos Frigoríficos 53

Anexo 4: Checklist de Manutenção Preventiva 54

Anexo 5: Exemplo de Sistema de Compressores em Paralelo com Recuperação de Calor para Instalação em Supermercado 70

Anexo 6: Exemplo de Sistema de Resfriamento de Água com Circuito de Refrigeração 72

Anexo 7: Exemplo de um Circuito de Refrigeração 74

Anexo 8: Exemplo de Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split 75

Anexo 9: Exemplo de Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split com Função Bomba de Calor 76

Anexo 10: Exemplo de Recolhimento de Fluido Frigorífico de um Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split 77

1. PRINCÍPIOS BÁSICOS

As atividades diárias de qualquer profissional de refrigeração abrangem diversas funções. Essas atividades compreendem a instalação e o comissionamento do sistema de refrigeração e ar condicionado (RAC) e as ações necessárias para manter o sistema em funcionamento durante o seu ciclo de vida. Com o fim do ciclo de vida, todos os componentes do sistema devem ser descomissionados e os contaminantes, como fluidos frigoríficos (se aplicável), lubrificantes e filtros secadores, devem receber destinação final adequada de acordo com as regulamentações e a legislação vigente, tudo em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, de 12 de agosto de 2010).

Além da manutenção do sistema, outras ações podem ser aplicadas nas atividades a serem realizadas em equipamentos RAC durante o seu tempo de uso. A regulamentação europeia EN 378 oferece orientações, dicas e explicações sobre instalação, operação, manutenção e tratamento profissional para o sistema RAC após o final de sua vida útil, semelhante ao proposto pela ISO/FDIS 5149-4. Em relação a isso, este documento aborda alguns pontos importantes e são oferecidos exemplos de práticas diárias que devem ser observadas pelos técnicos. Algumas questões mais específicas, além do serviço normal requerido pelo sistema RAC, serão explicadas e especificadas a seguir:

1.1. INSTALAÇÃO

A forma como o sistema é projetado e instalado é uma pré-condição essencial para que haja um ciclo de vida longo e uma operação confiável e eficiente. O foco deve ser direcionado ao escopo do projeto para a elaboração e instalação de "sistema em condições seladas", com reduzidos números de conexões mecânicas, buscando a melhora efetiva da estanqueidade do sistema. Outro aspecto a ser considerado é a minimização da queda de pressão nos tubos de transferência de fluido frigorífico. A seleção do diâmetro interno adequado para os tubos irá proporcionar uma considerável confiabilidade para o sistema e reduzir o consumo de energia. Os componentes devem ser selecionados de modo que as pressões/temperaturas operacionais sejam otimizadas para as condições de condensação e evaporação especificadas para fluido frigorífico.

1.2. COMISSIONAMENTO

A forma como um sistema é mantido em operação contribui para a sua confiabilidade e eficiência. O circuito de refrigeração deve ser mantido limpo e seco e a carga de fluido deve ser realizada corretamente para manter o sistema em condições operacionais eficiente. Os dispositivos de controle devem ser ajustados de modo que a pressão/temperatura de evaporação seja a maior possível e a pressão/temperatura de condensação seja a mais baixa possível.

1.3. CONVERSÃO

Sob certas circunstâncias, pode haver interesse em converter um sistema RAC com um fluido frigorífico não inflamável para utilizar um fluido frigorífico alternativo, por exemplo, um hidrocarboneto. Esse processo pode ser adotado devido a uma séria de motivos, tais como:

- Melhorar a eficiência do sistema;
- Minimizar o impacto ambiental;
- Melhorar a relação custo-benefício em relação a outras opções de fluido frigorífico;
- Caso não haja outras alternativas de fluidos frigoríficos disponíveis.

Observe que, se o sistema de refrigeração existente estiver operando corretamente, não há necessidade de converter o sistema para utilizar um fluido frigorífico alternativo.

1.4. DESCOMISSIONAMENTO E DESMONTAGEM

O descomissionamento, a desmontagem e a destinação final ambientalmente adequada ocorrem no final de vida do sistema, quando este não estiver mais em uso. Independentemente do fluido frigorífico utilizado, a maioria das atividades envolvidas nesses estágios são amplamente aplicáveis. Em geral, são necessárias as seguintes ações:

- =Recolhimento do fluido frigorífico;
- Recolhimento do óleo;
- Descomissionamento e desmontagem do sistema de refrigeração e equipamentos relacionados;
- Entrega de fluidos frigoríficos, óleo e componentes para as estações de coleta apropriadas.

Como já mencionado, os componentes do sistema de RAC e contaminantes, como fluido frigorífico (se aplicável), lubrificantes e filtros secadores devem ser adequadamente destinados, conforme estabelecido em normas e regulamentais e em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010).

1.5. COMPETÊNCIA DE PROFISSIONAIS E EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVIÇOS

O técnico responsável por executar todas as atividades descritas em sistemas RAC deve ter a competência (conhecimento e habilidades) necessária para realizar o trabalho solicitado e deve possuir um diploma (ou certificado) em tecnologia de refrigeração e ar condicionado. Isso inclui, necessariamente, conhecimentos sobre os padrões, os regulamentos e as leis atualmente aplicáveis. A competência das pessoas que lidam com sistemas RAC é amplamente descrita na norma europeia EN13313 (Refrigerating systems and heat pumps - Competence of personnel). Para competências em sistemas elétricos e eletrônicos, consulte a EN 50110.

As empresas de prestação de serviço para instalação e manutenção devem ter o equipamento e as ferramentas necessárias para as práticas de refrigeração (por exemplo, ferramentas para trabalhar com a tubulação, para manuseio de fluido frigorífico, testes de vazamentos, sistemas eletromecânicos, etc.) e fornecer um conjunto desses equipamentos em quantidade suficiente para cada técnico. O instalador do sistema de refrigeração deve estar atento à necessidade de instrução em relação à operação adequada e a supervisão dos profissionais. De acordo com a regulamentação europeia 378-4, profissionais encarregados do sistema RAC que contenham mais de 3 kg de fluido frigorífico devem ter conhecimento e experiência em seu modo de funcionamento, operação e monitoramento diário do sistema.

1.6. DEVERES DE PROPRIETÁRIOS E OPERADORES

Os proprietários e operadores devem ter todas as informações pertinentes relativas ao sistema e, dependendo da complexidade e tamanho do sistema RAC, devem desenvolver e implementar um “programa de manutenção preventiva” (obrigatório na Europa).

O regulamento europeu de gases fluorados (CE) nº 517/2014 descreve as condições e as medidas para redução de emissões de fluidos frigoríficos, conforme orientações listadas a seguir.

Escopo do regulamento relativo aos gases fluorados:
Esse regulamento inclui equipamentos de refrigeração, ar condicionado, bombas de calor e aplicações de proteção contra incêndios que contenham cargas de fluido frigorífico, com gases fluorados, superior a 3 kg (6 kg em sistemas hermeticamente fechados). As demandas por atividades de redução de emissões de fluido frigorífico aqui descritas são deveres do proprietário do sistema de RAC, mas ele pode delegar essa responsabilidade para uma empresa de manutenção profissional certificada.

Seções importantes do regulamento relativo aos gases fluorados:

Capítulo II: Contenção
Art. 3: Prevenção das emissões de gases fluorados com efeito de estufa
Art. 4: Verificação para detecção de vazamentos
Art. 5: Sistemas de detecção de vazamentos
Art. 6: Registros
Art. 7: Emissões de gases fluorados com efeito de estufa relativos à produção
Art. 8: Recolhimento
Art. 9: Regimes de responsabilidade do produtor
Art. 10: Treinamento e certificação

Capítulo III: Colocação no mercado e restrições de uso
Art. 11: Restrições à colocação no mercado
Art. 12: Etiquetagem de produtos e equipamentos
Art. 13: Restrições de uso
Art. 14: Pré-carregamento de equipamentos com hidrofluorocarbonetos

Capítulo IV: Redução da quantidade de hidrofluorocarbonetos colocados no mercado
Art. 15: Redução da quantidade de hidrofluorocarbonetos colocados no mercado
Art. 16: Atribuição de quotas para colocação de hidrofluorocarbonetos no mercado
Art. 17: Registros
Art. 18: Transferência de quotas e autorização de utilização das quotas para a colocação no mercado de hidrofluorocarbonetos em equipamentos importados

Capítulo V: Relatórios
Art. 19: Relatórios de produção, importação, exportação, utilização como matéria-prima e destruição de fluidos frigoríficos
Art. 20: Recolha de dados relativos às emissões

A estrutura exata de programas de manutenção deve ser analisada, já que há muitas variações de instalações. No entanto, uma orientação pode ser desenvolvida para facilitar e documentar testes e manutenções, o que é vital para a redução da probabilidade de falhas, acidentes, emissões de fluido frigorífico e consumo excessivo de energia.

Existem também as ações que o proprietário/operador pode tomar para garantir que o sistema funcione da forma mais eficiente possível, principalmente as associadas a uma boa limpeza.

Essas atividades podem incluir:
- Manter a área ao redor dos condensadores (resfriados à ar) livre de detritos, folhas, pólen, etc.;
- Manter as salas de máquinas limpas;
- As salas de máquinas devem sempre ser trancadas e estarem acessíveis apenas para pessoas instruídas e familiarizadas com o equipamento;
- A ventilação das salas de máquinas não deve ser obstruída (entrada/saída de ar);

- Unidades de condensação instaladas na área externa devem estar na sombra e nunca expostas ao sol;
- A porta da câmara frigorífica deve ser bem administrada, por exemplo, mantendo a porta aberta o mínimo de tempo necessário;
- Quando utilizadas, as cortinas de tiras não devem ser amarradas para trás;
- Minimizar os períodos em que as portas da câmara frigorífica ficam abertas;
- As áreas do chão de câmaras frigoríficas devem estar limpas e não devem ter acúmulo de gelo;
- As tampas noturnas dos balcões/expositores refrigerados devem ser mantidas em bom estado e também devem ser usadas quando a área de vendas não estiver sendo usada;
- O carregamento dos produtos deve ser realizado de uma maneira que não impeça o fluxo de ar dos evaporadores dos balcões/expositores refrigerados e câmaras frigoríficas;
- Verifique se a carga (alimentos em geral, bebidas, produtos lácteos, produtos congelados, produtos químicos, produtos farmacêuticos, etc.) está mais resfriada possível ao entrar no espaço refrigerado. Consulte mais informações da "cadeia do frio" abaixo;
- Expositores e balcões refrigerados devem ter sua parte interna limpa regularmente, e resíduos de pacotes e papéis não devem obstruir os ventiladores do evaporador;
- Os sistemas de ventilação do edifício não devem interferir com o fluxo de ar dos evaporadores dos balcões/expositores refrigerados e câmaras frigoríficas;
- Manter os balcões/expositores refrigerados fora de áreas onde correntes de ar ou fontes de calor possam afetar seu desempenho;
- Verificação regular e monitoramento da temperatura;
- Verificar se não há abuso ou má utilização do equipamento.

A empresa de prestação de serviços pode criar verificações visuais simples que um usuário pode fazer para garantir que o sistema esteja funcionando corretamente. Essas verificações podem incluir o registro do espaço resfriado ou da temperatura do produto, e a verificação de congelamento e limpeza dos evaporadores.

A empresa de instalação também pode recomendar programas de manutenção contratuais nessa fase, caso eles ainda não tenham sido preparados. O conteúdo e os horários de manutenção estão listados neste documento.

Exemplos de instalações frigoríficos de tecnologia mais recente são exibidos nas imagens 1 a 3.

Imagem 1: Insuflação de ar adequada na área dos balcões e expositores refrigerados.

Imagem 2: Disposição adequada dos alimentos nos expositores e freezers múltiplos "multi deck".

Imagem 3: Design adequado da disposição dos equipamentos dentro da sala de máquinas.

1.7. IMPORTÂNCIA DA "CADEIA DO FRIO"

A cadeia do frio é uma cadeia de abastecimento com temperatura controlada. Uma cadeia do frio intacta é uma série ininterrupta de atividades de armazenamento, transporte e distribuição que mantém uma determinada faixa de temperatura desde a produção até o consumo. Ela é usada para ajudar a ampliar e garantir a vida útil dos produtos. Uma vez armazenados, após o processo de produção, os produtos devem chegar ao cliente (consumidor) na melhor condição possível, evitando maus tratos que possam prejudicar a qualidade obtida durante o criterioso processo de fabricação.

Todas essas operações devem ser realizadas em condições adequadas de refrigeração, quer seja para alimentos congelados ou simplesmente refrigerados, uma vez que a perda da qualidade de uma só fase não pode ser recuperada em fases posteriores.

Na Comunidade Europeia, existe a obrigação de produzir registros de temperatura para verificar se a entrega e o transporte da cadeia de frio não são suspeitos, e estão dentro de faixas de temperatura exatas prescritas (Regulamento 92/1 EWG - 13 de janeiro de 1992 e regulamento comunitário nº 37/2005). Além disso, há um estatuto que demanda sistema de automonitoramento para todos os elementos da cadeia do frio (regulamento HACCP UE 93/43/EWG). A medição e o registro de temperatura do equipamento devem ser independentes do sistema de controle de refrigeração (EN 12830). De acordo com EN 13486, os sensores dos sistemas de registro de temperatura devem ser calibrados anualmente.

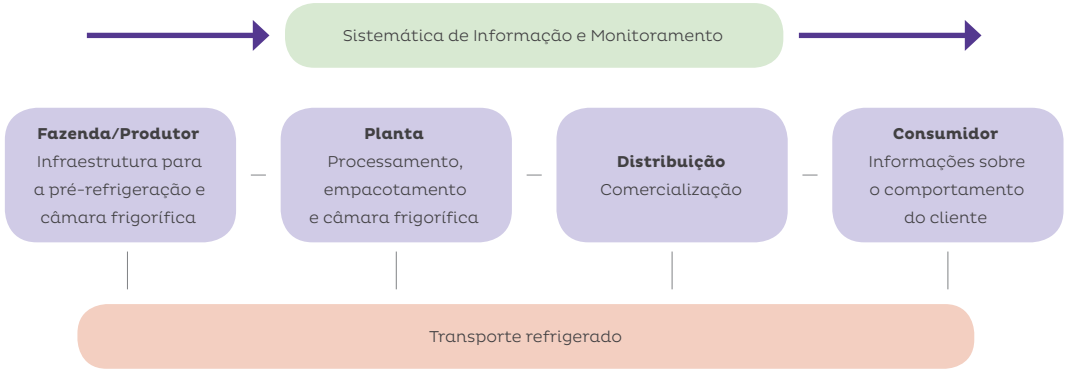


Figura 1: Sistemática da cadeia do frio.

1.8. ARMAZENAMENTO DE ALIMENTOS E VACINAS

O armazenamento adequado de alimentos e vacinas é uma parte importante da prevenção sanitária e redução do risco de envenenamento. Esse é um fato geral, mas muito específico em países com climas quentes. Alguns produtos devem ser armazenados na geladeira e consumidos ou utilizados dentro de um curto espaço de tempo; outros alimentos, como farinha, leguminosas, alimentos enlatados e muitos outros, duram muito mais tempo e podem ser armazenados em temperatura ambiente. Alimentos secos também têm limites de tempo de armazenamento.

Devem ser tomados os cuidados para manter-se em conformidade com as instruções de armazenamento.

Produtos severamente limitados devem ser mantidos:

- No lugar certo;
- Na temperatura certa;
- Pelo tempo certo.

1.9. DOCUMENTAÇÃO

O proprietário/operador de um sistema RAC deve manter um registro atualizado do sistema de refrigeração. Empresas contratadas devem manter registros de atividades de manutenção, compreendendo a documentação das atividades de inspeção, manutenção, reparo e destinação ambientalmente adequada. O recebimento da documentação deverá ser confirmado por escrito pelo proprietário/operador. As informações a seguir devem ser registradas no livro de registro:

1. Detalhes de todos os serviços de manutenção e reparo;
2. Quantidade e tipo de fluido frigorífico (novo, reutilizado ou reciclado) que foi utilizado em cada ocasião, e as quantidades de fluido frigorífico que foram recolhidas do sistema em cada ocasião;
3. Os resultados da análise de fluidos frigorífico reutilizados também devem ser mantidos no registro;
4. A procedência do fluido frigorífico reutilizado;
5. Alterações e trocas de componentes do sistema;
6. Resultados de todas as análises de rotina periódicas;
7. Registro de períodos de inatividade significativos;
8. Se o sistema for complexo, um desenho mostrando a função de todos os componentes deverá ser fornecido, incluindo a localização e identidade dos dispositivos de controle e fechamento. Esses desenhos devem ser feitos de acordo com a EN 1861.

Cada sistema RAC deve ter seu livro de registro, a ser mantido pelo proprietário/operador, na sala de máquinas (perto do equipamento), ou os dados devem ser armazenados em um computador com uma impressão na sala de máquinas, assim as informações ficam sempre acessíveis para as pessoas responsáveis pelas atividades de manutenção ou teste. Os dois exemplos estão disponíveis na forma de:

- Livros de registros, checklists e registros de manutenção, incluindo desenhos de circuitos de fluido frigorífico do sistema RAC (www.boaspraticasnarefrigeracao.com.br);
- Software de monitoramento Pró-Ozônio.

1.10. SÍMBOLOS DO CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO DE ACORDO COM EN1861

De acordo com a EN 1861, desenhos de circuitos de fluido frigorífico devem ser projetados de forma que cada componente do circuito tenha um símbolo específico. A disposição ge-

ral dos símbolos é exibida na Figura 2, a seguir. Além disso, vários diagramas de circuitos do sistema RAC podem ser encontrados nos anexos A5 a A10.

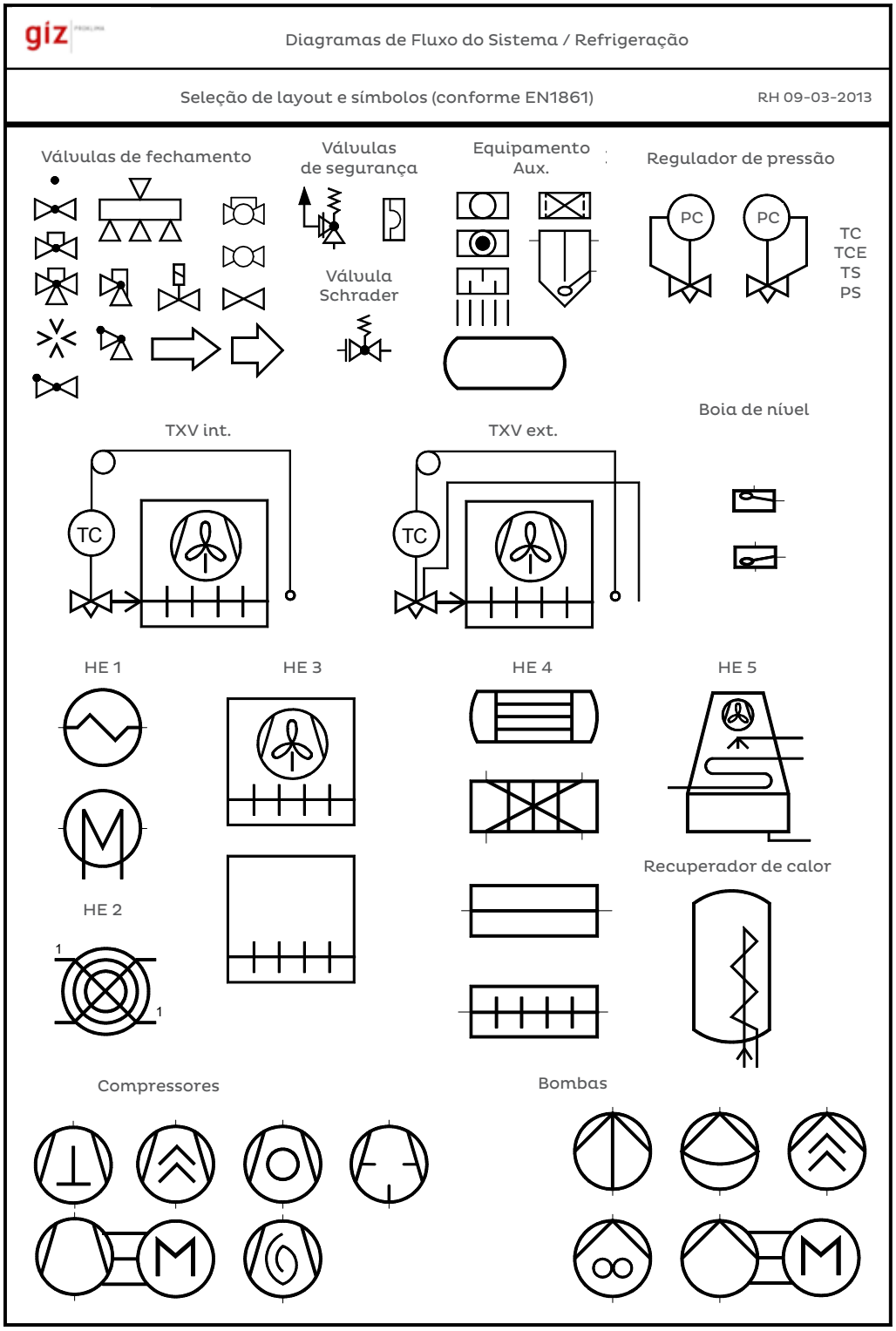


Figura 2: Símbolos de desenhos de acordo com EN1861.

2. DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção cobrem, em geral, os cuidados com os dispositivos, equipamentos, ferramentas, máquinas e, por último, mas não menos importante, instalações fixas para uma ampla gama de propósitos diferentes. O foco é manter todos esses objetos mecânicos em boas condições de funcionamento, para manter a funcionalidade pretendida e as exigências de segurança.

Os objetivos da manutenção são:

1. Conservar a funcionalidade do sistema;
2. Proporcionar segurança ambiental para os usuários/proprietários;
3. Conservar o valor;
4. Garantir aos proprietários o cumprimento da garantia;
5. Manter o sistema operacional com a capacidade necessária para a finalidade pretendida, com o consumo mínimo de energia.

As atividades de manutenção devem ser realizadas de tal forma que:

6. Acidentes sejam minimizados;
7. Danos materiais sejam minimizados;
8. Componentes do sistema permaneçam em bom estado de funcionamento;
9. O objetivo e disponibilidade do sistema sejam mantidos;
10. Vazamentos de fluido frigorífico ou óleo sejam identificados e corrigidos;
11. O desperdício de energia seja minimizado.

Com todos os fatos mencionados acima em mente, os usuários também têm o dever de cumprir os requisitos descritos nos regulamentos técnicos, leis ambientais e instruções do fabricante, para manter a confiabilidade operacional e segurança do sistema de refrigeração.
É muito comum e natural que carros, por exemplo, tenham intervalos de *"inspeção"* prescritos ou que *"consertos"* precisem ser feitos. Neste caso é diferente, deve-se tomar mais cuidado! Em sistemas de refrigeração e ar condicionado, termos e definições têm uma aceitação claramente definidas. Em primeiro lugar, geralmente há a "inspeção" e, posteriormente, a "manutenção" e, se necessário, um "reparo". Veja a Figura 3 para obter mais informações.

São necessárias programações regulares de manutenção e inspeção preventivas e planejadas para cada sistema RAC e todos os componentes do sistema. Dependendo da estrutura e complexidade do sistema, a documentação deverá ser a mais detalhada possível, mantendo o mínimo necessário. Para sistemas compactos, como aparelhos integrados "stand-alone" (como geladeiras, freezers comerciais e expositores refrigerados), os esforços de trabalho e documentação são menores do que em sistemas como os de supermercados ou de ar condicionado de edifícios em processo de manutenção. A extensão e periodicidade das atividades de manutenção devem ser totalmente descritas no manual de fabricação/instalação.

Geralmente, existem ferramentas específicas disponíveis, como fórmulas e checklists, para melhorar e facilitar o trabalho dos técnicos. Exemplos de checklists podem ser encontrados no anexo A4 deste documento.

A operação e manutenção de sistemas de refrigeração (incluindo ar condicionado) estão sujeitas à legislação relativa à saúde, segurança e meio ambiente. Todas as normas, regulamentos e códigos de práticas relacionadas (se aplicáveis) devem ser seguidos e mantidos em todos os momentos. A Figura 3 ilustra um fluxograma de serviço, manutenção e reparo, enquanto a Figura 4 demonstra o Código de Práticas para Manutenção de Sistemas RAC.

Gráfico de Fluxo de Trabalho de Manutenção e Reparo

Figura 3: Gráfico do Fluxo de Trabalho - Definição do prazo de manutenção.

Código de Práticas para Manutenção de Sistemas RAC, os "Dez Itens a Serem Feitos e Evitados"

	Fazer		Não Fazer
1	Sempre aplicar as boas práticas dentro de um ambiente de trabalho seguro.	1	Se você não puder trabalhar de forma segura, não realize o serviço.
2	Sempre recolher o fluido frigorífico antes da manutenção de um sistema ou se o sistema estiver sendo descartado.	2	Um sistema sem falhas e com boa operação não deve estar sujeito a conversões ou adaptações de fluido frigorífico.
3	Recicle fluidos frigoríficos para reutilização sempre que possível.	3	Nunca libere fluidos frigoríficos SDO ou fluidos frigoríficos com alto GWP para a atmosfera.
4	Fluidos frigoríficos contaminados devem ser mantidos e armazenados de forma segura e, posteriormente, enviados para destruição.	4	Nunca use SDO ou fluidos frigoríficos com alto GWP como solvente de limpeza do sistema (exceto se estiverem seguros em um circuito fechado) ou para limpar a superfície de trocadores de calor.
5	Vazamentos devem ser identificados e reparados antes que o sistema receba uma nova carga de fluido frigorífico. Nunca assuma que só há um vazamento possível!	5	Não viole o vácuo do fluido frigorífico no processo de evacuação múltipla, use sempre OFDN (nitrogênio seco e livre de oxigênio).
6	Melhore seus hábitos durante a manipulação de fluidos frigoríficos, por exemplo, minimizando a purga das mangueiras com fluido frigorífico.	6	Não complete a carga de fluido frigorífico de um sistema RAC sem saber a quantidade de carga real correta.
7	Esvazie completamente o cilindro descartável de fluido frigorífico antes de seu descarte.	7	Nunca utilize um cilindro de recolhimento se ele não estiver claramente identificado sobre seu conteúdo e projetado e certificado para os fins previstos.
8	Mantenha as melhores condições operacionais possíveis em relação à eficiência energética do sistema de RAC.	8	Nunca misture diferentes tipos de fluido frigorífico em um cilindro de recolhimento.
9	Mantenha os registros de serviço e manutenção e preencha o livro de registro dos sistemas de RAC.	9	Nunca adapte sistemas RAC projetados para uso com fluidos frigorífico de baixo GWP (como HCs) para usar com HFC/HCFC/CFC.
10	Mantenha boas relações com o proprietário do equipamento/operador e informe-o, em termos gerais, sobre os recursos importantes do sistema.	10	Nunca tente trabalhar com ferramentas ou equipamentos danificados ou defeituosos, não use mangueiras de transferência de fluido frigorífico mais longas do que o necessário.

Figura 4: Os dez itens a serem feitos e evitados na manutenção do sistema de RAC.

2.1. REPAROS NO SISTEMA RAC

Reparos em componentes que contêm fluidos frigoríficos devem ser realizados na seguinte ordem, se apropriado:

1. Preparação de uma análise de perigos e de uma avaliação de riscos para o reparo proposto;
2. Instrução da equipe de manutenção;
3. Desligamento/desconexão e proteção dos componentes a serem reparados (ex. alimentação elétrica, vasos de pressão, tubulações);
4. Recolhimento e evacuação;
5. Limpeza e purga, respectivamente (ex. com nitrogênio seco e sem oxigênio (OFDN));
6. Liberação do OFDN para reparo;
7. Realização do reparo;
8. Testes e verificação do componente reparado (teste de pressão, teste de vazamento, teste funcional);
9. Substituição, evacuação e recarga do fluido frigorífico.

IMPORTÂNCIA DA IDENTIFICAÇÃO DE VAZAMENTOS DE FLUIDO FRIGORÍFICO NA MANUTENÇÃO DO SISTEMA RAC

Vazamentos de fluido frigorífico devem ser identificados e reparados o mais rápido possível por uma pessoa competente. Durante cada atividade periódica de manutenção e reparo, se aplicável, pelo menos as seguintes tarefas devem ser realizadas:

1. Todos os dispositivos de segurança, controle e medição, bem como sistemas de alarme, devem ser inspecionados para verificar se estão com sua operação correta e em perfeitas condições de uso;
2. Os testes de vazamento devem ser realizados na parte relevante do sistema de refrigeração;
3. Substituição do filtro secador;
4. Limpeza com OFDN (o sistema na sua totalidade ou a seção sujeita a reparo);
5. Evacuação em um nível de 500 mícrons;
6. Ajuste da carga de fluido frigorífico (ou quantidade de carga completamente nova, conforme indicado na placa de dados do sistema);
7. Teste de funcionamento dos dispositivos de segurança;
8. Instalação de todas as tampas de válvulas e tampas de componentes;
9. Limpeza do local e verificação final de vazamentos;
10. Relatórios, registro de informações, rotulagem do sistema (se aplicável).

Nas atividades de identificação de vazamentos devem ser considerados os procedimentos normais de trabalho durante e após cada verificação, comissionamento, manutenção ou reparo do sistema RAC, sem considerar se a manipulação de fluido frigorífico é, ou não, necessária. Nunca abandone um sistema sem ter certeza de que está livre de vazamentos. Se um vazamento for encontrado e reparado, um teste de verificação de vazamento após alguns dias de operação deverá ser realizado.

Para mais informações e indicações de locais onde são necessárias verificações/testes de vazamento, veja a Figura 5.

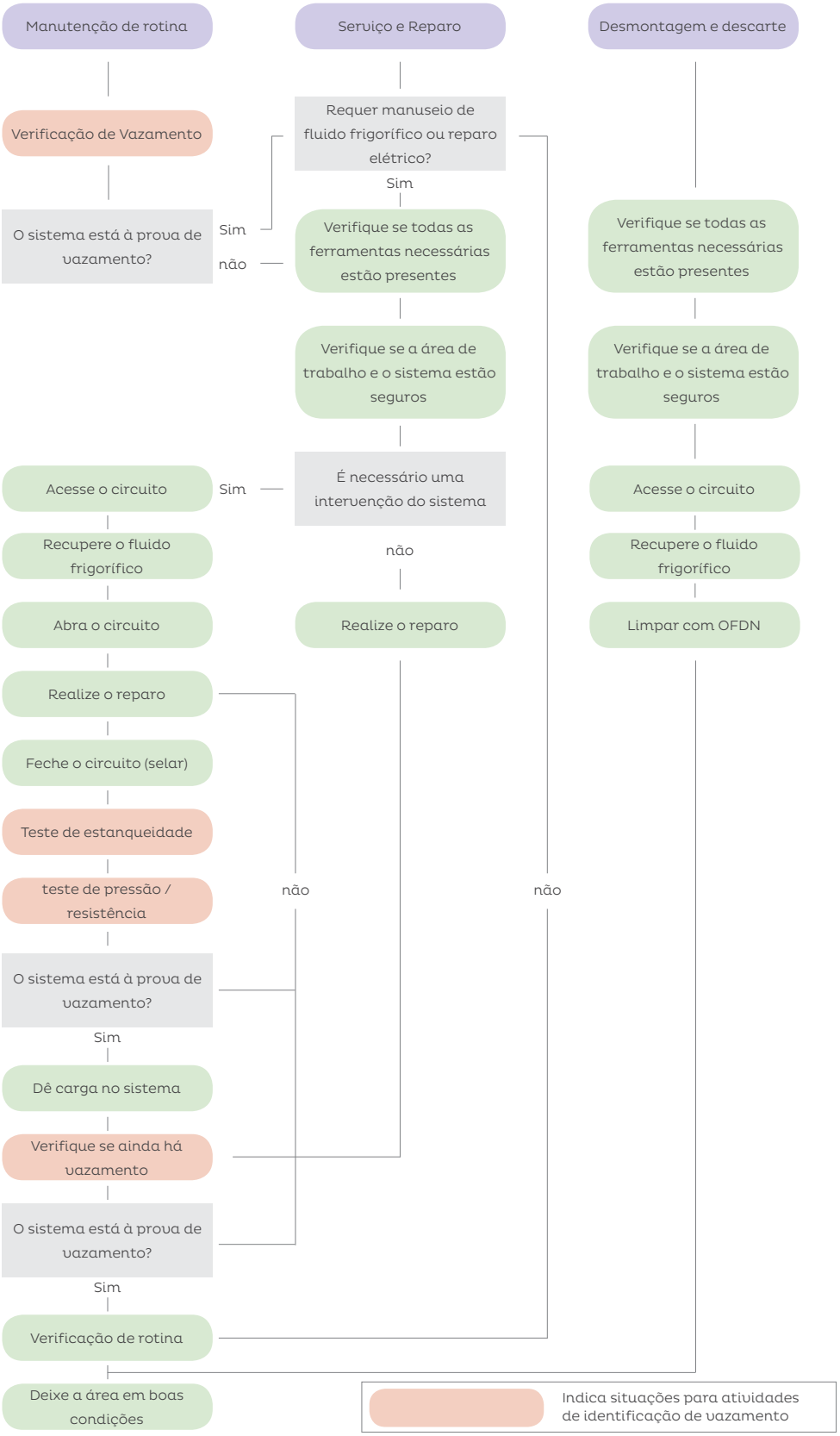


Figura 5: Rotinas gerais de manutenção, onde a verificação/teste de vazamento é aplicável.

A inspeção de estanqueidade do sistema de RAC é classificada em atividades de teste de vazamento diretas e indiretas. A Figura 6, abaixo, traz orientação sobre rotinas estratégicas de teste e localização de vazamentos.

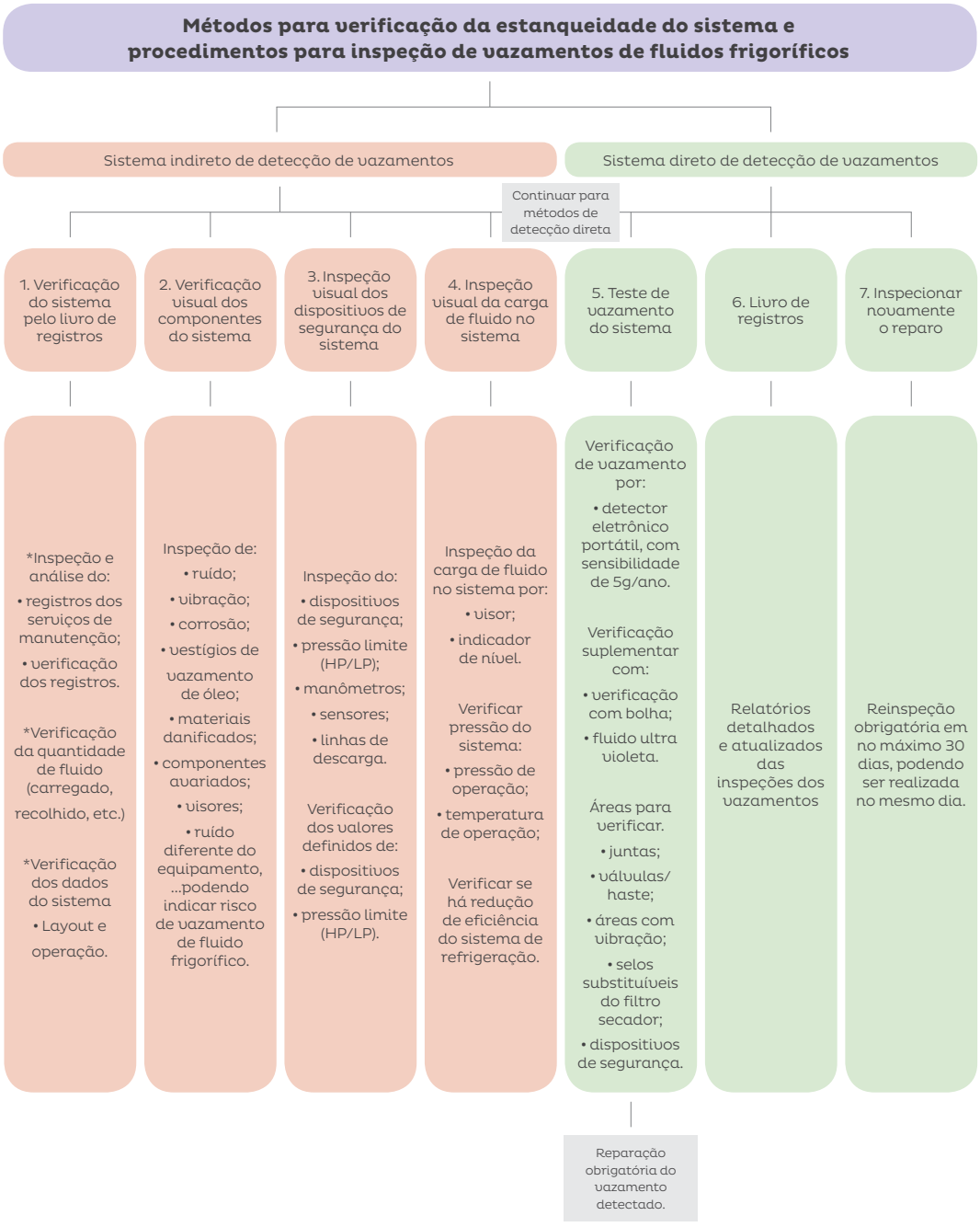


Figura 6: Testes de estanqueidade do fluido frigorífico em procedimentos de inspeção de vazamento.

2.2. CONFIGURAÇÃO DE CONTROLES

Diversos elementos de controle e dispositivos de segurança devem ser configurados durante e após o reparo e no comissionamento do sistema RAC. Conforme apresentado anteriormente, o objetivo geral é manter o sistema em um estado seguro, ou seja, não permitir a operação quando ele estiver acima da pressão PS máxima admissível. Além disso, é necessário manter a operação com o máximo possível de temperatura/pressão de evaporação e o mínimo de temperatura/pressão de condensação, conservando também as condições de temperatura do produto desejado (como alimentos refrigerados) ou do ambiente condicionado (A/C). Deve-se ter em mente que para cada redução de 1°C na temperatura de evaporação, o consumo de energia aumenta entre 2 e 4%. O controle de baixa pressão, incluindo pressostatos de baixa (LP) para a função de recolhimento, não deve permitir a operação do sistema em situação de vácuo (a menos que o sistema tenha sido projetado para operação em pressões abaixo da pressão atmosférica).

Para repetir a manutenção do sistema no futuro, é útil marcar todos os controles de pressão e temperatura com a configuração diferencial e de conjunto. Parafusos de calibração, principalmente os com funções de segurança, devem ser selados com lacres (se não estiverem disponíveis, pelo menos com um pouco de verniz). Isso pode evitar a alteração involuntária das configurações de controle ou, na pior das hipóteses, seu uso por pessoas não autorizadas a manipular o sistema.

Atenção: Ao configurar qualquer dispositivo de controle, não confie na escala do indicador fixo no componente. Na maioria dos casos, essa escala do indicador não é precisa o suficiente para manter o funcionamento desejado do sistema. Todos os parâmetros aplicáveis, como valores de pressão e temperatura alta e baixa, devem ser verificados com o uso de um medidor de pressão ou termômetro calibrado. Para ajustar (e testar) de forma precisa e simples os dispositivos de controle de pressão, sempre que possível use OFDN ou uma bomba de controle.

2.3. SISTEMA DE DEGELO DO EVAPORADOR

Se forem utilizados controles de degelo: devem ser usados preferencialmente sistema de degelo sob demanda, pois esse tipo de degelo desbloqueia os evaporadores quando necessário e durante um período de tempo determinado. Quando um sistema de temporizador for usado, ele deverá ser definido para o tempo médio de formação de gelo. O sistema deve descongelar antes do acúmulo de gelo se tornar grave o suficiente para reduzir, significativamente, a temperatura/pressão de evaporação. Os períodos de degelo devem ser longos o suficiente apenas para limpar a serpentina. Se forem mais longos, uma grande quantidade de calor irá entrar no espaço refrigerado (o alimento vai ficar temporariamente em um espaço refrigerado com temperatura acima da temperatura de armazenamento obrigatória). Se o período de degelo não for suficiente, o acúmulo de gelo vai piorar a cada ciclo. Em caso de degelo elétrico, verifique se a programação não sobrecarrega o sistema elétrico local, permitindo que vários sistemas façam o degelo simultaneamente.

Observação: Sistemas de degelo ajustados de forma imprecisa podem danificar o evaporador e levar à ruptura dos tubos e serpentinas de evaporadores e a liberação completa da carga de fluido frigorífico. A Imagem 4 indica uma seção do evaporador danificada, causada por uma calibração errada do sistema de degelo (sistema de degelo elétrico do controlador do temporizador).

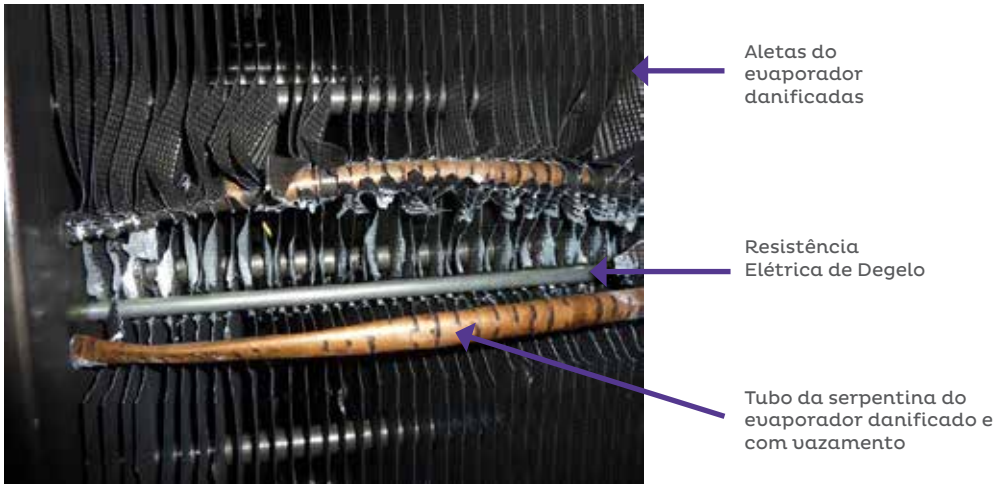


Imagem 4: Evaporador danificado por ciclos de degelo.

3. MEDIÇÕES

O objetivo das medições (valores elétricos, além de pressões e temperaturas) é a obtenção de informações suficientes para determinar, com um grau razoável de certeza, quais medidas irão produzir economias aceitáveis ou, até mesmo, apontar onde o componente do sistema com defeito está localizado e onde está a base do mau funcionamento do sistema. Os tipos de medições realizadas dependem de como a informação será usada, não havendo motivo para coletar mais informações do que o necessário. Formas genéricas podem ser usadas no procedimento de manutenção e para preencher as informações solicitadas (pressões, temperaturas, valores elétricos, resultados e observações).

Note que ao ver um sistema de refrigeração comercial, como equipamentos de refrigeração em açougues, por exemplo, pode-se encontrar uma situação como a apresentada na Imagem 5. A imagem destaca seções e pontos onde os dados de medições devem ser coletados durante o procedimento normal de manutenção do sistema e, além disso, é possível encontrar os nomes e as posições dos diferentes componentes do circuito de refrigeração na Tabela 1.

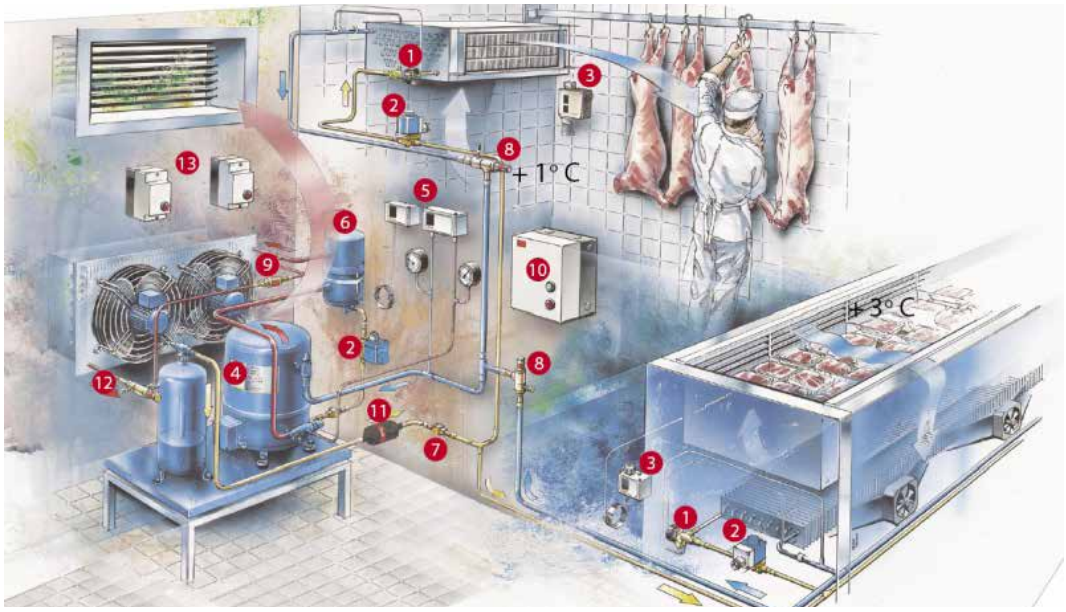


Imagem 5: Seções e pontos de medições.

1	Válvula de Expansão Termostática	8	Regulador de Pressão do Evaporador
2	Válvula Solenóide	9	Válvula de Pressão Diferencial
3	Termostato	10	Caixa elétrica/quadro elétrico
4	Compressor Hermético	11	Filtro Secador
5	Controle de Pressão	12	Regulador de Pressão de Condensação
6	Separador de Óleo	13	Caixa elétrica do Compressor
7	Visor		

Tabela 1: Nomes de componentes do sistema de refrigeração comercial.

SÍMBOLOS, TERMOS E DESIGNAÇÃO DE UNIDADES DO SISTEMA DE RAC PARA FINS DE MEDIÇÃO

Na manutenção de sistemas RAC, o componente de diagnóstico e monitoramento é uma ferramenta importante para verificar a condição e possibilitar possíveis melhorias ou reparos. É preciso que a linguagem, a definição de valores e os termos relacionados sejam comuns (padronizados) nas medições gerais dos circuitos de refrigeração RAC e áreas correlatas (locais de resfriamento, ambiente das áreas, circulação do ar, etc.). Os símbolos, termos e unidades que representam as pressões e temperaturas do sistema RAC podem ser encontrados na norma DIN 8914, que é apresentada no desenho e configuração a seguir (Figura 7).

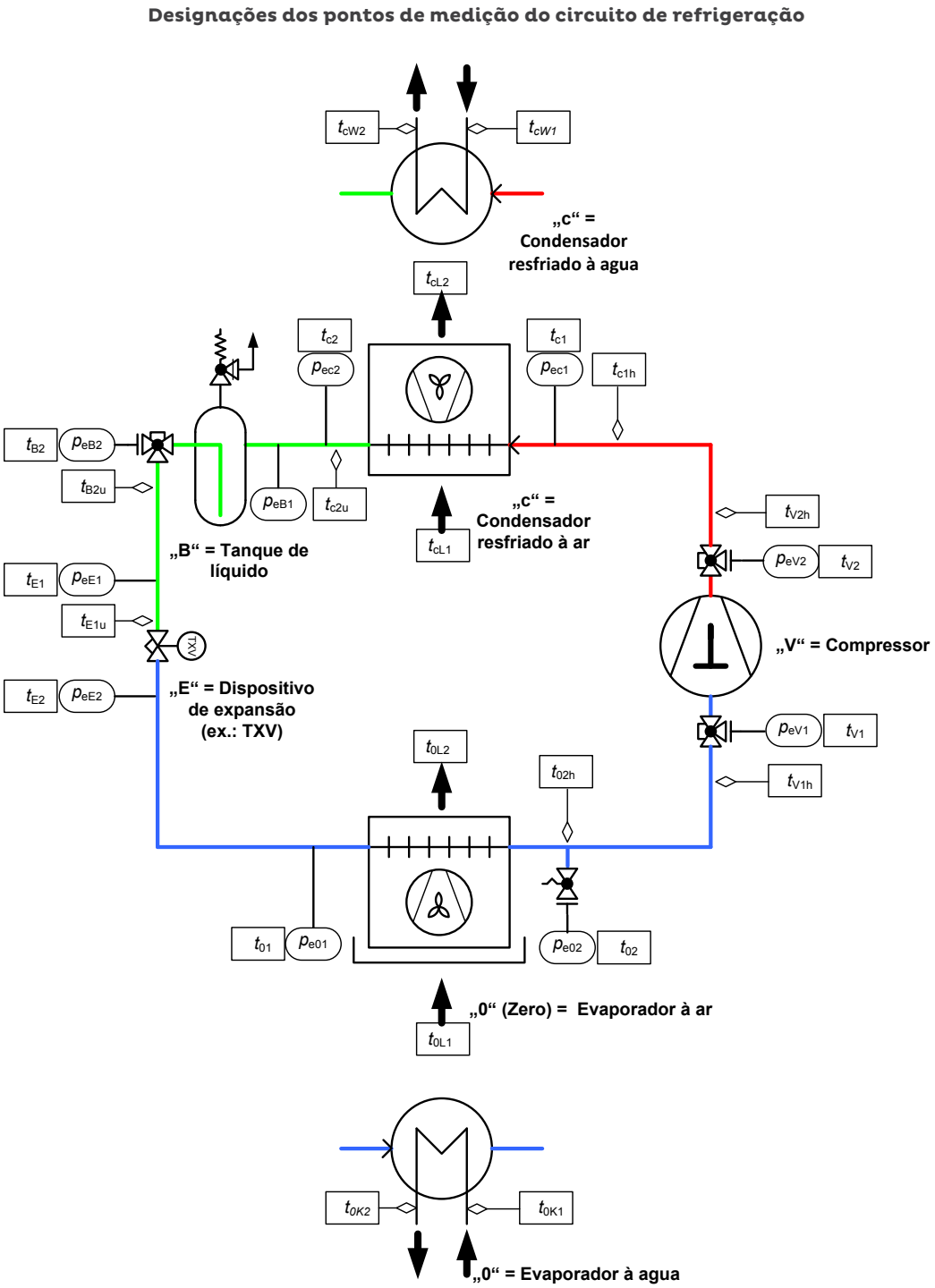


Figura 7: Designação dos pontos de medição do circuito de refrigeração (de acordo com norma DIN 8914).

Explicações para os símbolos, termos e unidades podem ser encontradas na Tabela 2:

Nº	Símbolo	Termo	Unidade	Comentário
1	p	Pressão	bar	1 bar = 10^5 Pa
2	p_{abs}	Pressão absoluta	bar	1 bar = 100 kPa
3	p_{amb}	Pressão ambiente	bar	1 bar = 0,1 Mpa
4	p_e	Diferença entre a pressão absoluta e a pressão atmosférica ambiente (pressão manométrica)	bar	$p_e = p_{abs} - p_{amb}$
5	p_c	Pressão de condensação (absoluta)	bar	
6	p_{ec}	Diferença entre a pressão de condensação e a pressão atmosférica ambiente (pressão manométrica)	bar	$p_{ec} = pc - p_{amb}$
7	p_o	Pressão de evaporação (absoluta)	bar	
8	p_{eo}	Diferença entre a pressão de evaporação e a pressão atmosférica ambiente (pressão manométrica)	bar	$p_{eo} = p_o - p_{amb}$
9	p_{eV1} /p_{eV2}	Pressão na entrada/saída do compressor (manométrica)	bar	
10	t_{u1} / t_{u2}	Temperatura do fluido frigorífico na entrada/saída do compressor (termômetro)	°C	$p_{eV1/2}$ convertido
11	t_{V1h} / t_{V2h}	Temperatura do fluido frigorífico superaquecido na entrada/saída do compressor	°C	
12	Δt_{V1h}	Superaquecimento na entrada do compressor	K	$\Delta t_{V1h} = t_{V1h} - t_{u1}$
13	p_{ec1} / p_{ec2}	Pressão na entrada/saída do condensador (manométrica)	bar	
14	t_{c1h}	Temperatura do fluido frigorífico superaquecido na entrada do condensador	°C	
15	t_{c2u}	Temperatura do fluido frigorífico líquido sub-resfriado na saída do condensador	°C	
16	t_c	Temperatura saturada de condensação	°C	em p_c
17	Δt_{c2u}	Sub-resfriamento na saída do condensador	K	$\Delta t_{c2u} = t_{c2} - t_{c2u}$
18	t_{cL1} / t_{cL2}	Temperatura do ar na entrada/saída do condensador	°C	
19	p_{eE1} /p_{eE2}	Pressão na entrada/saída do dispositivo de expansão (manométrica)	bar	
20	t_{E1u}	Temperatura do fluido frigorífico líquido sub-resfriado na entrada do dispositivo de expansão	°C	
21	Δt_{E1u}	Sub-resfriamento na entrada do dispositivo de expansão	K	$\Delta t_{E1u} = t_{E1} - t_{E1u}$
22	p_{eo1} / p_{eo2}	Pressão na entrada/saída do evaporador (manométrica)	bar	
23	t_{o2h}	Temperatura do fluido frigorífico vapor superaquecido na saída do evaporador	°C	
24	Δt_{o2h}	Superaquecimento na saída do evaporador	K	$\Delta t_{o2h} = t_{o2h} - t_{o2}$
25	t_{o2}	Temperatura do gás de sucção saturado na saída do evaporador	°C	p_{eo2} convertido
26	t_o	Temperatura de evaporação saturada	°C	em p_o
27	t_{oL1} / t_{oL2}	Temperatura do ar na entrada/saída do condensador	°C	

Não	Símbolo	Termo	Unidade SI	Comentário
28	t_{amb}	Temperatura ambiente	°C	
29	t_{room}	Temperatura da posição de resfriamento	°C	
30	t	Temperatura	°C	t = T - 273,15 K
31	T	Temperatura termodinâmica	K	
32	h	Vapor superaquecido		
33	u	Líquido sub-resfriado		
34	Δ	Diferença (delta)		
35	1	Entrada		
36	2	Saída		
37	B	Recipiente		Exemplo: tanque de líquido
38	c	Condensador		
39	E	Dispositivo de expansão		Exemplo: TXV
40	F	Filtro		Derivação da DIN
41	H	Aquecedor		
42	K	Fluido secundário		Exemplo: água, salmoura
43	L	Ventilador		
44	M	Motor		
45	o	Evaporador		“Zero” informado
46	P	Bomba		
47	S	Visor		Derivação da DIN 8941
48	T	Transdutor		Derivação da DIN
49	U	Sub-resfriador, pós-resfriador		
50	V	Compressor		
51	W	Fluido de transferência de calor		Exemplo: água, óleo, etc.
52	WT	Trocador de calor interno		Exemplo: líquido ou gás
53	X	Válvula		Derivação da DIN
54	Z	Intercooler		

Tabela 2: Símbolos, termos e unidades do sistema de RAC.

4. INSTALAÇÃO ELÉTRICA E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

A manutenção e os testes da instalação elétrica são fundamentais para a operação funcional geral e a segurança dos profissionais e técnicos de manutenção no local. Em geral, as instalações elétricas devem ser testadas antes da primeira partida, após qualquer ampliação, alteração ou reparo do sistema. A Associação de Eletroeletrônicos e Tecnologias de Informação VDE é uma das maiores associações técnico-científicas da Europa, criando regras para a criação, instalação e manutenção de produtos e instalações elétricas. As atividades relacionadas devem, em geral, estar de acordo com a DIN-VDE 0100 e o método geral de abordagem é listado na Figura 8 abaixo.

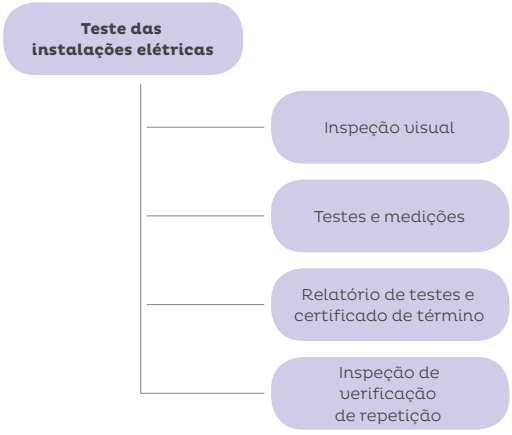


Figura 8: Acompanhamento de testes do sistema elétrico.

4.1 PROBLEMAS GERAIS DE MANUTENÇÃO DO CIRCUITO ELÉTRICO

Antes de iniciar uma solução sistemática de problemas, todas as atividades a seguir devem ser realizadas:

1. Verifique se os fusíveis de alimentação da energia para o equipamento estão intactos;
2. Verifique se a tensão de alimentação do equipamento está correta;
3. Verifique se o equipamento elétrico auxiliar utilizado é adequado para o compressor;
4. Verifique se o cabeamento foi instalado corretamente (compare com o esquema elétrico fornecido na unidade ou junto com as peças de reparo);
5. Verifique a resistência dos enrolamentos dos motores dos compressores;
6. Verifique a resistência de isolamento (IR) do motor do compressor utilizando instrumentos de teste que forneçam uma tensão CC não destrutiva para os enrolamentos do motor, para observar se existe alguma fuga de corrente à terra.

Ferramentas para solução de problemas elétricos:

Além das ferramentas gerais, como alicates e chaves de fenda, é importante ter um medidor multifuncional com capacidade de medir:

1. Tensão;
2. Corrente elétrica;
3. Resistência (enrolamentos do motor);
4. Capacidade do capacitor;
5. Teste de continuidade;
6. Termômetro (com diferentes sondas).

Além disso, sempre que possível, use o medidor de resistência de isolamento (megômetro) em combinação com o medidor multifuncional. Em geral, todos esses dispositivos devem estar seguros para uso em peças com tensão. Chaves de fenda e alicates devem ser completamente isolados.

4.2. ACOMPANHAMENTO DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA APARELHOS DE REFRIGERAÇÃO

As atividades de constatação de falhas elétricas podem ter um diagnóstico agendado, como exibido no diagrama da Figura 9.

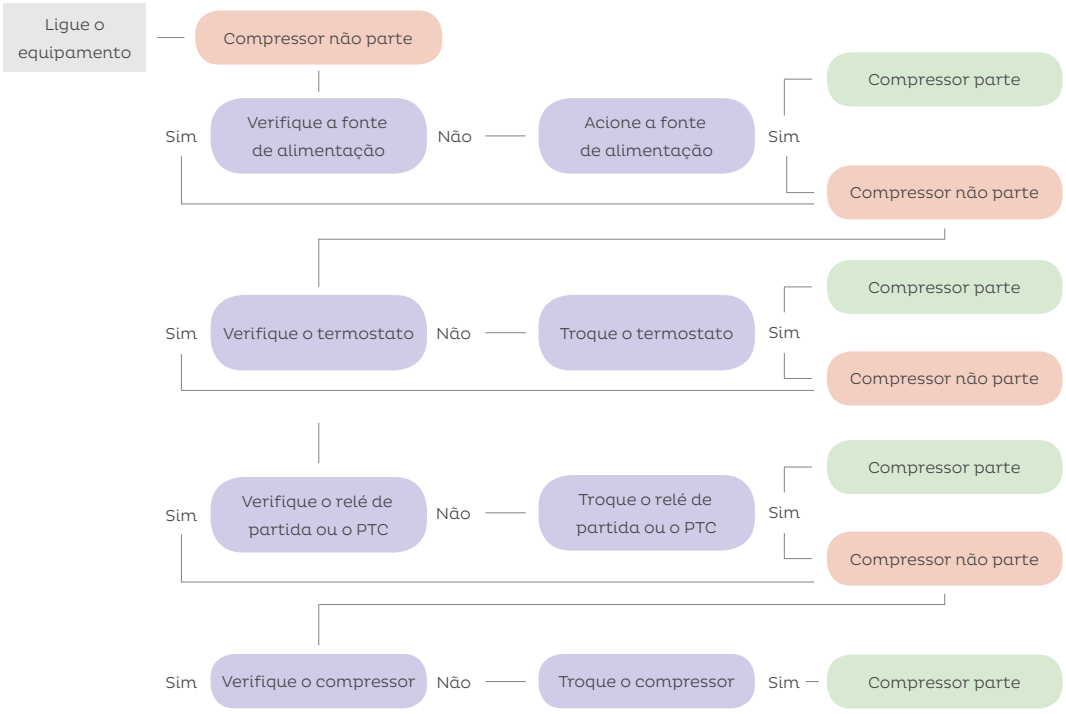


Figura 9: Constatação de falhas e diagrama de reparo para equipamentos de refrigeração.

4.3. AS CINCO REGRAS DE SEGURANÇA

O teste de um sistema elétrico deve ser concluído com um relatório de teste e um relatório de conclusão (em muitos casos, um documento contendo os detalhes acima mencionados). Todas as instalações e equipamentos elétricos estão sujeitos à alteração e desgaste, de modo que o procedimento de teste deve ser executado repetidamente em períodos predeterminados. Todas essas atividades realizadas devem ser obrigatoriamente executadas por um eletricista qualificado! Sempre realize testes/provas de instalações e equipamentos seguindo as cinco regras de segurança (Figura 10)! Veja no Anexo 2 deste documento um exemplo de relatório para teste do sistema RAC. Consulte também os diversos diagramas de circuitos de refrigeração encontrados entre os anexos A5 e A10 deste documento.

Desligue o sistema e verifique se todos os componentes estão isolados de forma confiável da fonte de alimentação antes de iniciar o traba-

Cinco regras de segurança (DIN VDE 0105)	
Para a Execução de Serviços em Instalações Elétricas (Antes de Começar)	
	1 – Desligar o sistema
	2 - Bloquear o sistema contra reativação
	3 - Certificar-se que todas as linhas estão desligadas
	4 – Aterrar e curto-circuitar as fases
	5 - Cobrir ou isolar as peças e secções de linhas que estejam próximas e sob tensão
Reativação: realize a sequência na ordem inversa	

Figura 10: As Cinco Regras de Segurança.

lho. Por razões de segurança, todos os objetos com tensões de operação acima de 50 Volts CA e/ou 120 Volts CC devem ser isolados.

Bloqueie o sistema contra reativação para evitar que a unidade seja reiniciada involuntariamente (em sistema de refrigeração específicos com função Parada/Partida Automática). Os dispositivos de segurança e/ou chaves principais devem estar isolados e protegidos contra ligação inadvertida pelos técnicos de manutenção (por exemplo, usando um cadeado ou mantendo os fusíveis afastados). Por todo o tempo em que o trabalho estiver sendo realizado, um sinal de alerta (Imagem 6) deve ser instalado no sistema para evitar reativação não intencional.

Imagem 6: Sinais de aviso.

Certifique-se de que todas as linhas estão desligadas, ou seja, verifique se todas as linhas estão sem tensão elétrica!

Novamente, é importante ressaltar que todas as atividades devem ser, obrigatoriamente, realizadas por um eletricista qualificado. Antes e depois do procedimento de teste das linhas, o medidor deve ter seu funcionamento examinado. Devem ser usados medidores elétricos confiáveis e aprovados (Imagem 7).

Imagem 7: Medidor de tensão adequado (medidor da alimentação principal) para o teste de tensão elétrica.

O **aterramento e o curto-circuito das fases** farão com que o dispositivo de proteção contra sobrecorrente (fusível, etc.) seja ativado se o sistema for reiniciado acidentalmente. A conexão do fio terra e de curto-circuito deve estar disponível e visível dentro da área de trabalho. Em primeiro lugar, é aconselhável aterrar e depois curto-circuitar o sistema. Nas unidades com tensões até 1000 volts AC, com exceção de linhas aéreas (de alta tensão), a conexão terra e de curto-circuito podem ser omitidas, se as regras de 1 a 3 (das Cinco Regras de Segurança na Figura 10) forem realizadas corretamente.

Procure sempre cobrir ou isolar as peças e secções de linhas que estejam próximas e sob tensão. Em alguns casos, não é possível (por questões técnicas de construção ou operação de outros sistemas importantes) cobrir ou isolar as peças e secções de linhas que estejam próximas e sob tensão. Nesse caso, esses componentes deverão ser fixados por uma cobertura firme, confiável e adequada (ex. tapetes de borracha ou plástico). Cabos desprotegidos devem ser fixados com fita isolante.

Sequência na ordem inversa

Coloque o sistema em operação novamente realizando as atividades das regras de segurança acima mencionadas na ordem inversa.

1. Retirar a tampa ou isolamento das peças e secções de linhas que estejam próximas e sob tensão;
2. Remover o aterramento e curto-circuito do sistema;
3. Certificar-se que todas as linhas estão desligadas;
4. Desbloqueie o sistema contra reativação;
5. Ligue o sistema.

5. MEDIÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E COMPONENTES ELÉTRICOS

5.1. MANUTENÇÃO CORRETA DO MOTOR ELÉTRICO

A manutenção correta do motor elétrico pode ser complementada pela inspeção do estado do sistema. Por exemplo, quando um motor elétrico simples começa a operar de forma anormal por causa de falhas de fabricação, ou excedendo suas condições normais de operação, ou de desgaste, isso resulta no aquecimento anormal do motor, deixando-o mais lento, reduzindo o seu fator de potência e gerando um consumo excessivo. Em curto ou longo prazo essas falhas levam a avarias e, se a falha não for detectada e corrigida, o consumo de energia continuará sendo excessivo. Uma boa manutenção limita, portanto, a quantidade e a duração de interrupções no sistema para realização de serviços e mantém a eficiência do equipamento dentro de sua faixa nominal.

5.2. TESTES ELÉTRICOS DOS MOTORES DOS COMPRESSORES DE RAC

A maioria dos motores elétricos instalados em sistemas RAC (motores de compressores abertos, herméticos e semi-herméticos, motores de ventiladores; motores de bombas, etc.) são alimentados por "motores de indução". A forma mais comum, o motor de indução com rotor de gaiola, é barato, simples e confiável. Motores de diferentes velocidades são produzidos alterando o número de pólos elétricos. Os principais elementos de um motor de indução com rotor

de gaiola são o estator e os núcleos do rotor (uma grande quantidade de lâminas de ferro), ou seja, um estator com enrolamento isolado e condutores do rotor formados pelo revestimento de uma gaiola de alumínio no núcleo do rotor. Em motores de indução totalmente fechados, a ventilação é realizada por um ventilador montado no eixo externo, que circula o ar sobre a sua estrutura, resfriando assim sua superfície externa. Em compressores herméticos e semi-herméticos, o motor é resfriado com o contrafluxo do gás de sucção do fluido frigorífico. A Imagem 8 mostra um motor de indução (vista explodida), normalmente usado como motor de atuação de compressores do tipo aberto, bombas, ventiladores, etc.

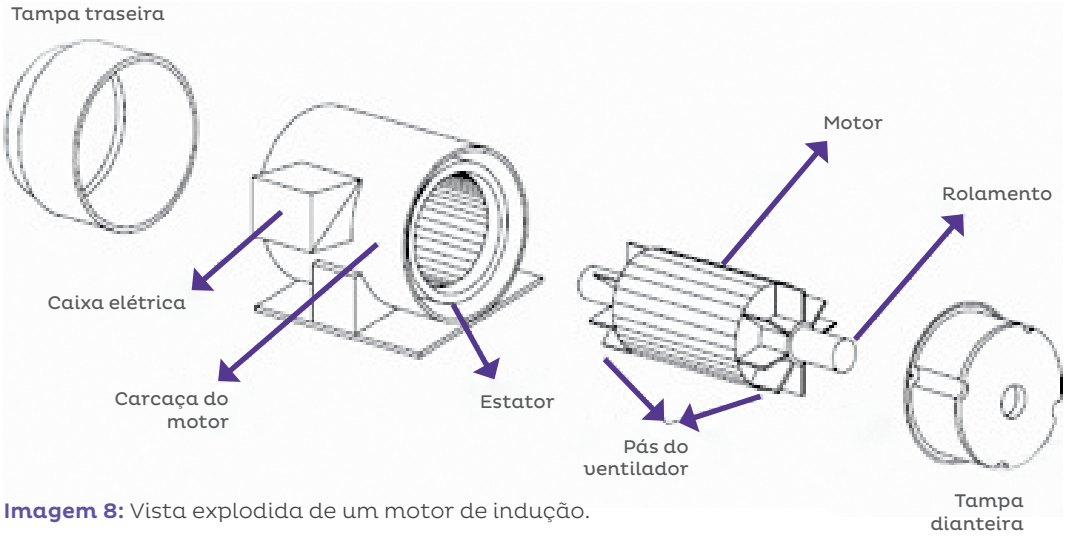
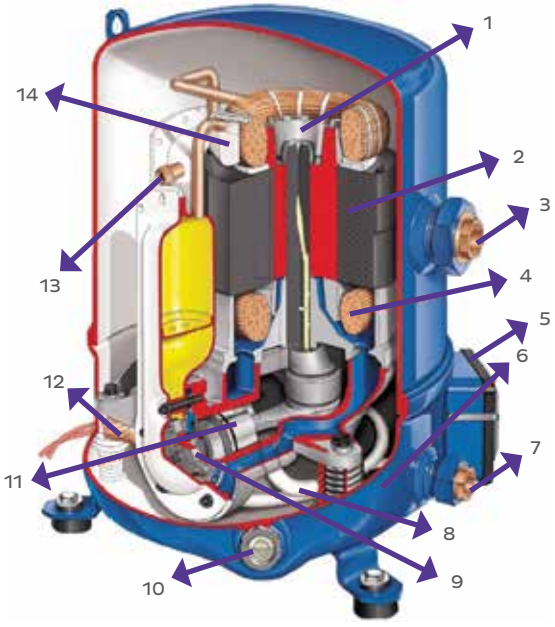


Imagem 8: Vista explodida de um motor de indução.



A Imagem 9 mostra a secção transversal de um compressor hermético resfriado pelo gás de sucção com motor de indução interno. A descrição dos componentes é indicada na Tabela 3.

Imagem 9: Secção transversal de um compressor hermético resfriado pelo gás de sucção com motor de indução interno.

1	Entrada de gás de sucção no motor	**8**	Linha de descarga para aquecimento do carter
2	Motor resfriado pelo gás de sucção	**9**	Válvulas
3	Conexão da linha de sucção	**10**	Visor de óleo
4	Enrolamento do motor revestido com epoxy	**11**	Pistão
5	Caixa de ligação elétrica	**12**	Aquecedor do cárter
6	Carcaça	**13**	Válvula de alívio da pressão interna
7	Conexão do tubo de descarga	**14**	Protetor interno do motor

Tabela 3: Descrição dos componentes exibidos na Imagem 9.

A Imagem 10 mostra a secção transversal de um compressor hermético resfriado pelo gás de sucção com um motor interno de indução. A descrição dos componentes é indicada na Tabela 4.

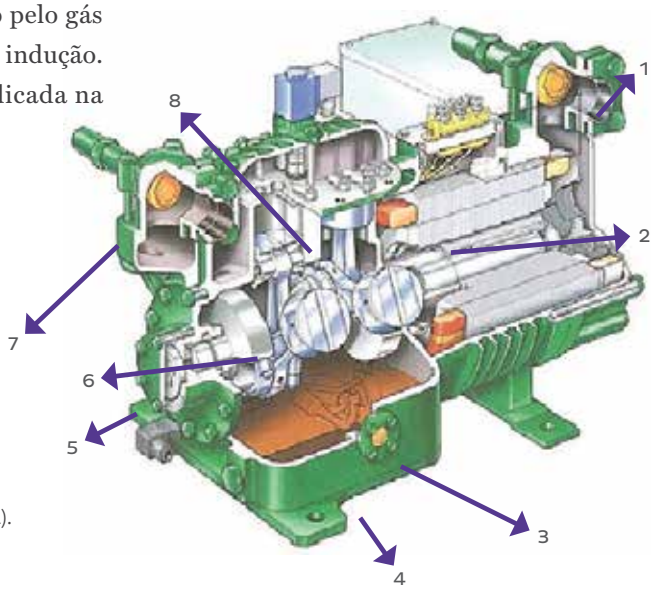


Imagem 10: corte transversal de um compressor semi-hermético (BITZER).

1	Válvula de bloqueio (serviço) na conexão de entrada (sucção)	**5**	Bomba de óleo
2	Motor resfriado pelo gás de sucção	**6**	Compressor (pistão)
3	Visor de óleo	**7**	Válvula de bloqueio (serviço) de descarga
4	Cárter com lubrificante	**8**	Placa da válvula

Tabela 4: Descrição dos componentes exibidos na imagem 10.

6. RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO E TESTES ELÉTRICOS DE MOTORES DE COMPRESSORES DE RAC

A maioria das falhas em sistemas elétricos é causada por defeitos de isolamento por envelhecimento ou desgaste térmico, químico ou mecânico. Na refrigeração, os desgastes podem ser causados, por exemplo, por vibração, atrito, radiação solar, outras fontes de calor e processos químicos dentro do circuito de refrigeração.

6.1. FATORES QUE AFETAM A RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO E A VIDA ÚTIL DO COMPRESSOR

1. Desidratação/evacuação insuficiente do sistema RAC. A hidrólise de umidade com fluido frigorífico pode resultar em ácido fluorídrico. O calor do processo de compressão no interior do compressor irá acelerar esse processo e conduzir à corrosão por ácido. Esse ácido ataca todos os materiais com os quais ele entra em contato e, por último, pode fazer o compressor "queimar". O ácido pode corroer o cobre das paredes da tubulação de fluido frigorífico. Esse cobre é condutor e vai reduzir a força dielétrica (não condutora) do óleo. O cobreamento também pode ocorrer nos rolamentos do motor e contribuir para uma partida dificultada, uma maior temperatura de operação ou um travamento do rotor do compressor. A umidade, na presença de lubrificante à base de POE (poliolester), será absorvida do óleo;
2. Falha ao escarear a tubulação antes da montagem pode resultar em partículas de cobre no óleo do compressor. O cobre é condutor e reduz a eletricidade do óleo;
3. Falha ao remover o oxigênio com um gás inerte, como Nitrogênio Seco e sem Oxigênio (OFDN) durante o processo de brasagem. Óxidos de cobre são condutores e irão reduzir a dieletricidade do óleo;
4. Vazamentos de fluido frigorífico. O nível baixo de fluido frigorífico resulta em temperaturas de funcionamento elevadas no motor e causa tensões no isolamento dos enrolamentos do motor. Além disso, a umidade entra no sistema e resulta nos mesmos problemas descritos no item (1) acima.

6.2. TESTE DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO (IRT – "INSULATION RESISTANCE TEST")

O fato é que um simples ohmímetro dificilmente pode identificar falhas de resistência de isolamento (RI) existentes ou futuras. A indicação de infinito no visor ohmímetro não é uma leitura, ela significa apenas que os resultados do teste estão além das capacidades de alcance do dispositivo de medição. Com medidores padrão de volts e ohms com menos de 9 Volts CC de saída, a leitura entre o ponto comum e o fio terra do compressor pode indicar "Infinito". Com medidores de resistência de isolamento com saída de 500 Volts CC, a leitura entre o ponto comum e o fio terra do compressor pode ser de 20 mega-ohms. Um dos melhores isolantes naturais é a atmosfera, portanto, se houver um potencial suficientemente elevado com uma diferença na polaridade, a eletricidade formará um arco entre esse espaço. Velas de ignição e iluminação também devem ser consideradas ou se necessário evitadas neste processo.

Profissionalmente, como explicado acima, o valor de RI pode ser detectado usando um medidor de RI (ou multímetro) com, por exemplo,

500 volts CC (ou 1000 volts CC). A instalação elétrica deve ser testada sem nenhuma carga elétrica (motor, compressor, aquecedor, etc.) Consumidores elétricos devem ser testados separadamente. Geralmente são usados instrumentos com uma fonte de alimentação independente. O nível de tensão de medição depende da tensão nominal do circuito testado. A imagem 11 mostra um conjunto de dispositivo de medição de teste elétrico e resistência de isolamento.

Imagem 11: Conjunto de dispositivo de medição de teste elétrico e resistência de isolamento.

Os medidores de resistência de isolamento fornecem tensões CC "não destrutivas" para os enrolamentos e para os pontos de isolamento de um motor, para medir a taxa de fuga de corrente. Não há isolante perfeito, todos eles possuem fugas. Mas, a questão é:

Quanto de fuga eles têm e a taxa de fuga de isolamento altera-se ao longo do tempo por causa de avarias de isolamento ou contaminações?

O último ponto citado é importante para a manutenção preditiva. O IRT pode verificar continuidade, resistências de enrolamentos e bobinas, resistências dos elementos de aquecimento, valores de resistência de termistores e assim por diante. Todas essas medições são feitas por meio de circuitos dentro dos isoladores, exceto em verificações de um curto com o fio terra.

Quando um curto com o terra for detectado, significa que ocorreu uma falha grave no dispositivo. Portanto, é tarde demais para manutenção preventiva ou para correção pró-ativa. Uma falha grave do motor em um compressor semi-hermético (queima), contendo óleo e fluido frigorífico, na melhor das hipóteses, envolve um extenso procedimento de limpeza (e a instalação de um filtro secador de queima na linha de sucção do compressor). O ideal é verificar regularmente os valores de isolamento e gravá-los para comparação durante a próxima visita, para que todas as alterações fiquem facilmente visíveis.

Atenção: Durante o procedimento de evacuação do sistema RAC, se compressores herméticos ou semi-herméticos estiverem instalados, o motor não deverá ser ligado a uma tensão em nenhuma circunstância, incluindo tensões (alta tensão) de teste de resistência de isolamento.

Esses tipos de motores têm contato direto com o circuito de fluido frigorífico e, durante a evacuação, com o vácuo existente. Além disso, os contatos elétricos internos (lado do motor) também estão sujeitos à baixa pressão. A resistência de isolamento do fluido frigorífico ou do ar é reduzida com a diminuição da pressão. Há um risco potencial de formação de arcos elétricos exatamente no ponto de conexões do cabo, caso alguma tensão esteja conectada.

COMO LIDAR COM O IRT

Não há nenhuma regra fácil de aprovação/reprovação para saber como interpretar os valores de resistência de isolamento, mas os fabricantes e agências parecem concordar que

a tendência de IRT pode ser um indicador claro da condição do motor.

Por exemplo, a norma dos Estados Unidos IEEE 43-2000 *("Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery")* oferece orientações específicas a esse respeito. Questões relacionadas ao IRT também são abordadas pela norma europeia EN60204-1 e VDE 0113.

Como um RI, um valor mínimo aceitável é de 1 mega-ohm mais 1 mega-ohm por quilovolt de tensão de operação do motor. Para um motor de 460 volts, o valor limite de aprovação/reprovação seria 1,46 mega-ohms ou uma taxa de fuga de corrente de 500 volts CC / 1.460.000 ohms com cerca de 342 micro amperes.

Mas, esse padrão serve para motores que não são hermeticamente fechados, com óleo e fluido frigorífico. Um motor submerso, por exemplo, em líquido frigorífico, pode precisar usar valores mais baixos, conforme recomendado pelo fabricante. Um motor submerso em líquido pode aceitar 600.000 ohms com 500 volts CC aplicado, ou uma taxa de fuga de corrente de 500 volts / 600.000 ohms, com cerca de 833 microamperes.

Alguns isolamentos modernos, em uso desde há muitos anos, têm melhorado os valores de isolamento, que podem não permitir facilmente a fuga de corrente, e podem ter valores da IRT perto de 20.000 mega-ohms (20 giga -ohms, consulte a Tabela 6 para ver os valores, símbolos e prefixos). Mas eles podem ser inaceitáveis para uso, se os valores de IRT estiverem abaixo de 100 mega-ohms, independente de terem ou não contaminantes de superfície nos enrolamentos.

Prefixo	Símbolo	Potência de 10
quilo-	k	103
mega-	M	106
giga-	G	109

Tabela 5: Prefixos, símbolos e valores (quilo, mega, giga).

AMBIENTE DE MOTORES HERMÉTICOS E SEMI-HERMÉTICOS E CONSEQUÊNCIAS

Devido à natureza do ambiente de funcionamento do motor do compressor, a aplicação de IRT para compressores herméticos é um procedimento que envolve as duas etapas seguintes:

1. Teste de resistência de isolamento para verificar se há degradação do isolamento dos enrolamentos do motor;
2. Verificação da presença de contaminantes que possam afetar os resultados dos testes de RI (óleo, fluido frigorífico).

Observação: Geralmente os testes de óleo e fluido frigorífico regulares devem ser considerados na manutenção do sistema RAC. A troca de óleo esporádica é considerada uma "boa prática" para a tecnologia RAC.

O primeiro teste de RI deve ser realizado com o compressor desligado, o segundo teste deve ser realizado depois que o compressor funcionou por cinco ou dez minutos. É mais provável que o primeiro teste exponha contaminantes no óleo ou no fluido frigorífico. As condições de teste devem ser mantidas a uma temperatura baixa no compressor, portanto, mantenha o motor desligado por um período.

Observação: As temperaturas de descarga do compressor podem chegar, no pior dos casos, a valores de até 120 °C, e as temperaturas de enrolamentos eletromotores nessa fase podem chegar a até 125 °C. A melhor temperatura para o IRT é uma temperatura no compressor igual à condição ambiente.

O segundo teste, ainda afetado por contaminantes, é mais orientado para o teste de RI real do motor, conduzindo a maioria do fluido frigorífico, óleo e umidade para fora dos enrolamentos. Como os HCFCs estão sujeitos a serem eliminados e sabendo que os HFCs, que requerem o uso de lubrificantes à base de POE (poliolester), são cada vez mais presentes, a importância do IRT para compressores é ainda maior, por causa da natureza higroscópica dos lubrificantes à base de POE. Além dos visores indicadores de umidade, devem ser usados testes de óleo e fluido frigorífico (por exemplo: Virginia TKO ou similares).

PROCEDIMENTO DE IRT (POR EXEMPLO, COM O INSTRUMENTO FLUKE 1587 OU SIMILARES)

Como já foi dito antes, nunca realize um teste de resistência de isolamento ou opere um compressor quando o sistema estiver com vácuo.

1. Remova toda a fiação dos terminais do compressor para isolar o compressor;
2. Remova as barras dos terminais do compressor, se houver;
3. Limpe os terminais com um pano limpo e seco;
4. Interligue os terminais do compressor, se possível (veja nota abaixo);
5. Remova qualquer oxidação do local do aterramento do compressor e limpe-o com um pano limpo e seco;

Nota: A maioria dos enrolamentos do motor do compressor tem uma ligação comum interna para o compressor, de modo que os enrolamentos não podem ser isolados. Se os enrolamentos do motor puderem ser isolados, é preferível aterrar dois conjuntos de enrolamentos durante o teste de um terceiro conjunto. Essa etapa pode ser repetida três vezes, uma vez para cada conjunto de enrolamentos. Isso não apenas irá verificar se há resistência com o aterramento, mas também se há resistência entre o enrolamento em teste e os outros dois enrolamentos, o que constataria uma elevada possibilidade de curto-circuito entre os enrolamentos.

6. Meça a temperatura dos terminais do compressor. Já que a temperatura dos enrolamentos não pode ser medida diretamente, a medição da temperatura dos terminais do compressor, devido à condução direta dos enrolamentos, é o melhor método. Os terminais do compressor devem estar acima do ponto de orvalho do ar ambiente, caso contrário, a umidade nos terminais poderá afetar a leitura;
7. Conecte o fio terra ao local de aterramento do compressor usando a garra jacaré fornecida;
8. Mude o medidor para a posição de teste de isolamento e selecione uma tensão de teste de 500 volts CC;
9. Toque a sonda de teste interligando nos terminais do compressor;
10. Selecione/pressione o botão de teste na sonda de teste (ou no medidor) para o período de teste (60 segundos);

11. Anote o valor da resistência e a temperatura do terminal;
12. Remova a interligação entre os terminais do compressor e restaure a conexão elétrica adequada;
13. Coloque o compressor em funcionamento por 5 ou 10 minutos;
14. Repita as etapas 1-11.

As leituras anotadas devem ser registradas e compensadas em relação à temperatura, de acordo com a temperatura de referência selecionada (padrão IEEE. 43-2000). Para cada desvio de 10 °C (18 °F) acima da temperatura de referência, o valor da resistência dobra. Para cada 10 °C (18 °F) abaixo do valor de referência, o valor da resistência é dividido pela metade. Se optarmos por estabelecer 40 °C (104 °F) como nosso valor de referência, todas as medidas de tendência anteriores, presentes e futuras deverão ser compensadas de acordo com esse valor.

A equação para determinar o fator de compensação de temperatura KT é:

$$KT = (0.5)^{\frac{(TR - TA)}{10}}$$

Na qual KT é o fator de correção da temperatura TA.
TA é a temperatura real de teste (°C).
TR é a temperatura de referência (°C), em relação à qual todas as medições são corrigidas - TR = 40 °C (valor fixo).

Para facilitar a determinação do fator de correção Kt, temos que (Tabela 6):

T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T
1	0,07	14	0,16	27	0,41	40	1	53	2,46	66	6,06	79	14,9	92	36,8
2	0,08	15	0,18	28	0,44	41	1,07	54	2,64	67	6,5	80	16	93	39,4
3	0,08	16	0,19	29	0,47	42	1,15	55	2,83	68	7	81	17,2	94	42,2
4	0,08	17	0,2	30	0,5	43	1,23	56	3,03	69	7,46	82	18,4	95	45,3
5	0,09	18	0,22	31	0,54	44	1,32	57	3,25	70	8	83	19,7	96	48,5
6	0,09	19	0,23	32	0,57	45	1,41	58	3,48	71	8,57	84	21,1	97	52
7	0,1	20	0,25	33	0,62	46	1,52	59	3,73	72	9,19	85	22,6	98	55,7
8	0,11	21	0,27	34	0,66	47	1,62	60	4	73	9,85	86	24,3	99	59,7
9	0,12	22	0,29	35	0,71	48	1,74	61	4,29	74	10,6	87	26	100	64
10	0,13	23	0,31	36	0,76	49	1,87	62	4,59	75	11,3	88	27,9	101	68,6
11	0,13	24	0,33	37	0,81	50	2	63	4,92	76	12,1	89	29,9	102	73,5
12	0,14	25	0,35	38	0,87	51	2,14	64	5,28	77	13	90	32	103	78,8
13	0,15	26	0,38	39	0,93	52	2,3	65	5,66	78	13,9	91	34,3	104	84,5

Tabela 6: Fator de correção K_T da temperatura real de teste T_A.

Se a leitura estiver fora da faixa da seleção da escala métrica IRT, um símbolo de "maior que" (>) será exibido para indicar que a leitura, ao mesmo tempo em que deve ser gravada e registrada para acompanhar mudanças futuras, não tem valor para fins estatísticos. Com um isolamento moderno, é razoável esperar que durante a maior parte da vida útil do motor as leituras fiquem fora de escala (> 2000 MW) e as estatísticas só serão possíveis no fim da vida útil do motor.

O exemplo a seguir, na Tabela 7, exibe valores de resistência de teste não compensados e os valores de resistência compensados à temperatura estimada do enrolamento, compensada com um valor base de 40 °C. Os dois gráficos na Figura 11 mostram os dados de tendência não compensados em comparação com os dados compensados.

Data	Resistência de isolamento medida (MΩ)	Temperatura (°C)	Resistência de Isolamento ajustada pela Temperatura (MΩ)	Fator de Compensação de Temperatura KT
5- fev- 2000	1584,3	42	1821,9	1,15
8-Jul-2000	1025,3	48	1784	1,74
14-Fev- 2001	1867,2	39	1736,5	0,93
2-Jul-2001	1388,4	43	1707,7	1,23
10-Fev- 2002	2035,3	37	1648,6	0,81
3-Jul-2002	1156,4	45	1630,5	1,41
4-Fev-2003	1503,2	41	1608,4	1,07
8-Jul-2003	1224,3	43	1505,9	1,23
12-Fev-2004	1604,9	39	1492,6	0,93
1-Jul-2004	1123,6	43	1382	1,23
14-Fev- 2005	821,0	47	1330	1,62
10-Jul-2005	1245,7	40	1245,7	1

Tabela 7: Plano de manutenção com valores de RI medidos e compensados em um período de 6 anos.

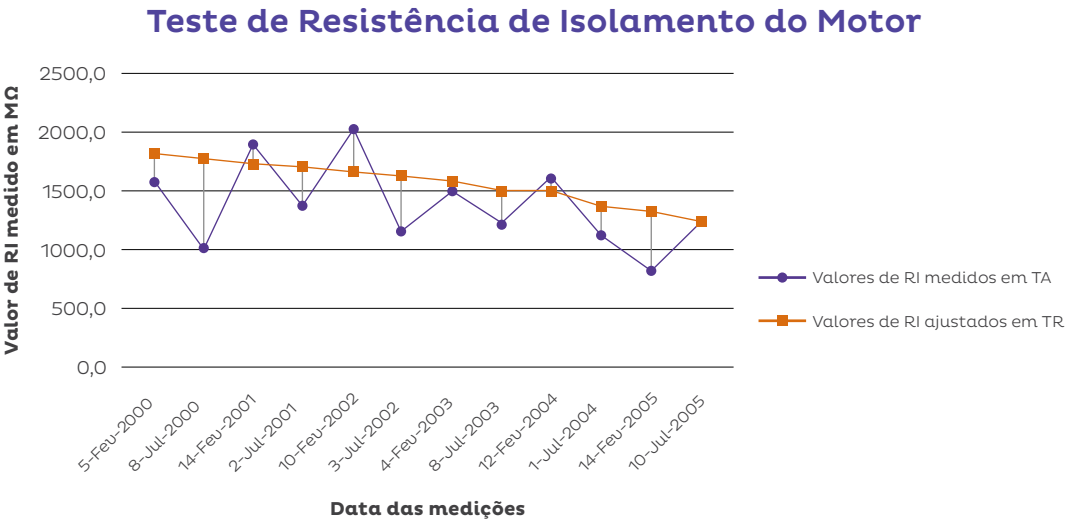


Figura 11: Apresentação gráfica dos valores de testes de RI reais e compensados.

O gráfico acima mostra a degradação (normal) do valor de RI em um período de 6 anos, com duas atividades de manutenção preventiva planejadas por ano. O objeto medido é um compressor scroll hermético com CA (Imagem 12). Se uma degradação relevante for detectada, medidas corretivas devem ser tomadas. Em detalhes, esse processo provavelmente poderá ser um teste de óleo com posterior troca de óleo e filtro secador ou, além disso, um teste de estanqueidade do sistema e limpeza usando OFDN com evacuação completa do circuito de fluido frigorífico até um valor de vácuo de pelo menos 500 mícrons.

Imagem 12 e 13: Medição em compressor scroll hermético com CA.

Veja no Anexo A2 deste documento um exemplo de relatório de teste do sistema RAC. Consulte também os diversos diagramas de circuitos de fluido frigorífico anexados.

A manutenção preventiva e planejada, incluindo a atenção a detalhes, aumenta potencialmente a vida esperada do produto e de qualquer tipo de instalação técnica. Além disso, o sistema irá funcionar de forma eficiente, e o cliente ficará confiante e nunca irá reclamar sobre os custos gerados pelo sistema ou pela manutenção do aparelho.

7. TROCA DE ÓLEO

Na maioria dos compressores herméticos soldados não é possível verificar o estado do óleo. Esse tipo de compressor é projetado principalmente para instalação em sistemas montados em fábrica e que também recebem a carga de gás em fábrica (hermeticamente selados), onde a carga de óleo é medida com precisão e adicionada no sistema no momento da montagem inicial. Em caso de vazamento, se a quantidade de óleo perdida for pequena e puder ser razoavelmente calculada, essa quantidade será adicionada ao compressor. Se, no entanto, não houver grande perda de óleo (ou se o óleo estiver contaminado), o técnico deve remover o compressor, drenar o óleo (como mostrado na Imagem 14), medir e adicionar corretamente a nova carga antes de trocar o compressor.

Imagem 14: Drenagem de óleo de um compressor hermético.

Compressores do tipo semi-herméticos e abertos são normalmente equipados com visores de cárter, o nível de óleo deve ser mantido exatamente ou um pouco acima do centro do visor durante a operação.

O nível de óleo pode variar consideravelmente na partida inicial, se o líquido de fluido frigorífico estiver presente no cárter. O nível de óleo deve ser verificado com o compressor em funcionamento, depois que ele atingir uma condição estabilizada.

Alguns fluidos frigoríficos irão sempre ser absorvidos no óleo e, para evitar a liberação de fluido frigorífico com a abertura do compressor, o fluido frigorífico deve ser "recolhido" no lado de alta pressão do circuito de fluido frigorífico. Além disso, o aquecedor de óleo (se estiver instalado no cárter) deve estar em funcionamento antes da abertura do compressor (e da função de recolhimento). O uso de uma recolhedora de fluido frigorífico também é indicado. Um possível processo seria:

- Ativar o aquecedor de óleo;
- Recolher o fluido frigorífico (unidade de recolhimento);
- Drenar o óleo para um recipiente apropriado, se necessário, com a ajuda de OFDN ou usando uma bomba de óleo.

Observação: O óleo usado do compressor é considerado um resíduo contaminante e deve ser objeto de eliminação de acordo com as regulamentações nacionais aplicáveis.

7.1. RECARGA DE ÓLEO EM COMPRESSORES HERMÉTICOS

Para recarregar determinada quantidade de óleo, o compressor deve ser removido do sistema e o óleo deve ser drenado para fora do compressor através da sua linha de sucção e de sua inclinação. A quantidade exata de óleo deve ser precisa antes do início da recarga. Verifique o manual de instruções para ver o tipo e a quantidade correta de óleo.

7.2. CARGA DE ÓLEO EM COMPRESSORES SEMI-HERMÉTICOS OU ABERTOS

MÉTODO DE CARGA DE ÓLEO EM SISTEMA ABERTO

Se o compressor estiver equipado com um ponto para carga de óleo no cárter, o meio

mais simples de adicionar óleo é isolar o cárter do compressor e despejar ou bombear o óleo necessário (veja na Imagem 15 um exemplo de uma bomba de óleo). Se o sistema não tiver nenhum fluido frigorífico ou se o compressor estiver aberto para reparos, não serão necessárias medidas especiais além das medidas normais para manter o óleo limpo e seco, uma vez que o sistema deve ser evacuado antes do início.

Imagem 15: Exemplo de uma bomba de óleo.

Troca de óleo (Drenagem):

1. Verifique se não há vazamentos no sistema e se reparos não são necessários;
2. Separe o compressor ao usar a função de recolhimento ou feche as válvulas de serviço do compressor;
3. Se for necessário, recolha a quantidade remanescente de fluido frigorífico utilizando uma tecnologia apropriada de recolhimento;
4. Abra o ponto de conexão para carga óleo no cárter do compressor;
5. Conecte um tubo de 6 mm de cobre que não seja rígido até o fundo do cárter;
6. Sele o orifício roscado com fita e segure o tubo de cobre;
7. Transfira uma pequena quantidade de nitrogênio com baixa pressão para o cárter;
8. O óleo será transferido para um recipiente separado;
9. Descarte o óleo como resíduo contaminado de forma que proteja o meio-ambiente.

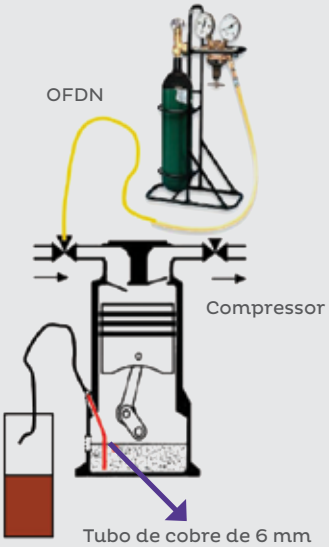


Imagem 16: Disposição de componentes para troca de óleo (drenagem).

MÉTODO DE CARGA DE ÓLEO USANDO NITROGÊNIO E VÁCUO

Outro método para uma manipulação fácil de óleo em procedimentos de manutenção, serviço ou adaptação é o uso de OFDN para drenagem de óleo e uma bomba de vácuo para a recarga do óleo. Veja as explicações nas Imagens 16 e 17 desse método.

Troca de óleo (Recarga):

1. Conecte uma bomba de vácuo à válvula de serviço da sucção do compressor;
2. Insira a extremidade livre do tubo de cobre de 6 mm e/ou conjunto de mangueira dentro do recipiente de óleo (óleo novo), até a parte inferior;
3. Ligue a bomba de vácuo;
4. O óleo será transferido para o compressor devido à baixa pressão no interior do cárter do compressor;
5. Observe o nível de óleo no visor do compressor, mas use o mesmo volume que foi retirado dele no processo de drenagem;
6. Interrompa o fluxo de óleo;
7. Meça a quantidade de óleo adicionado;
8. Evacue o compressor;
9. Abra as válvulas de serviço do compressor;
10. Dê partida no compressor;
11. Verifique o nível de óleo no visor;
12. Verifique se há vazamentos no sistema.

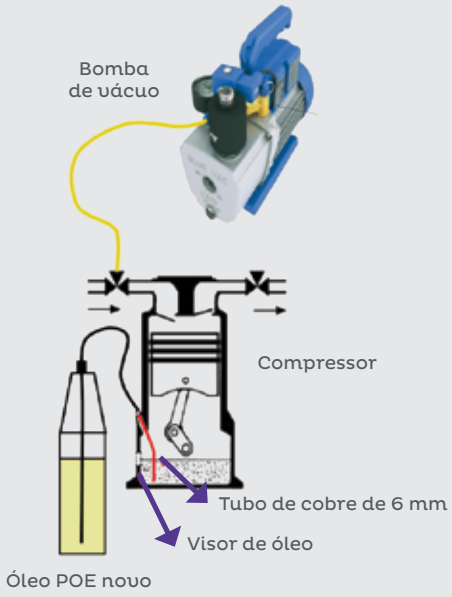


Imagem 17: Disposição de componentes para troca de óleo (recarga).

7.3. PROCEDIMENTOS DE TESTE DE ÓLEO

Vários kits para teste e verificação do óleo (acidez) estão disponíveis (veja as Imagens 18-20). Para equipamentos de refrigeração ou ar condicionado de maior porte, é altamente recomendável realizar um teste de acidez do lubrificante, porque ele vai detectar os níveis de acidez antes de chegar a uma concentração prejudicial. Esses kits de teste funcionam com todos os fluidos frigoríficos, mas cada tipo de óleo: mineral, poliolléster (POE) ou polialquilenoglicólico (PAG) tem seu kit apropriado.

Em alguns casos, será difícil obter leituras precisas com todos os óleos, pois você não saberá o tipo de óleo que está do sistema. Alguns kits para teste de acidez de óleo oferecem uma lei-

tura falsa quando usados em óleos poliolester POE, isto ocorre devido à composição química desse óleo, que comportasse como um ácido para o kit para teste.

Observação: Deve-se tomar cuidado antes de testar óleo contaminado. Use proteções corporais adequadas, como óculos e luvas, porque o óleo pode ser agressivo e prejudicial para os olhos e a pele.

Imagem 18: Kit para teste de acidez de óleos Minerais.

Imagem 19: Kit para teste de acidez de óleos POE.

Imagem 20: Kit completo para teste de umidade e acidez em óleo e fluido frigorífico.

8. MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA (PPM – "PLANNED PREVENTIVE MAINTENANCE") – INSPEÇÃO E ATIVIDADES DE ACORDO COM OS CHECKLISTS

Os checklists de manutenção planejada e preventiva têm por objetivo auxiliar as atividades em campo dos técnicos de serviços de manutenção em geral. Esses checklists devem incluir atividades e serviços que devem ser executados para realizar a manutenção em equipamentos e componentes dos sistemas instalados em campo, para manter seu estado ideal. Geralmente é importante levar em conta os detalhes específicos a seguir, que devem ser considerados para o desenvolvimento e execução de um plano de manutenção (se aplicável):

- Leis nacionais;
- Regulamentos (ambiental, segurança, técnicos, etc.);
- Padrões nacionais ou internacionais;
- Instruções de fabricantes e das empresas de instalação;
- Questões contratuais;
- Código de práticas.

O Anexo 4 deste documento fornece um exemplo de checklists de PPM para uso com os sistemas de RAC. O sistema numérico incluído deve oferecer a possibilidade de manter uma clara atribuição de atividades e serviços relacionados aos equipamentos e componentes instalados nos sistemas. A associação alemã VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau - Federação Alemã de Engenharia) oferece mais orientações com a publicação VDMA 24186. Para implementar o checklist de RAC anexo, os seguintes termos devem ser explicados:

8.1. INSPEÇÃO DO SISTEMA DE RAC

A inspeção é um procedimento técnico definido para identificar uma ou várias características dos produtos, processos ou serviços. A inspeção do sistema de refrigeração deve ser executada por uma pessoa competente e deve incluir:

1. Inspeção visual de toda a instalação;
2. Verificação de que a tubulação de refrigeração foi feita de acordo com os desenhos, especificações e padrões apropriados;
3. Verificação da disponibilidade de uma instrução breve do sistema e um conjunto de manuais do fabricante;
4. Verificação da disponibilidade da documentação técnica (circuito de refrigeração e diagramas elétricos, etc.);
5. Verificação da documentação relativa ao equipamento vaso de pressão;
6. Verificação de dispositivos e equipamentos de segurança (ex. de acordo com a norma EN378-2);
7. Verificação da confiabilidade das soldas na tubulação (ex. de acordo com a norma EN 14276-2);
8. Verificação das conexões selecionadas e soldadas na tubulação (ex. de acordo com a norma EN 14276-2);
9. Verificação e documentação do alinhamento de compressores abertos, bombas e ventiladores com seus mecanismos de acionamento (motores);
10. Verificação e registro de testes de estanqueidade do sistema de refrigeração;
11. Verificação da disponibilidade de um plano de emergência e instruções de primeiros socorros;
12. Verificação de que o sistema está claramente identificado e as placas de dados estão disponíveis. Verifique também se:
    - 12.1 Os componentes principais estão claramente identificados;
    - 12.2 A placa de identificação deve incluir:
        - Nome e endereço ou identificação do fabricante;
        - Modelo, número de série ou número de referência;
        - Ano de fabricação;
        - Número do fluido frigorífico;
        - Carga de fluido frigorífico;
        - Pressão máxima admissível (PS) no lado alta e baixa pressão (EN 378-2, seção 6.2).

LIMPEZA PARA UMA FUNCIONALIDADE SUSTENTÁVEL

Essa é uma limpeza necessária por razões técnicas. O foco não é a "aparência", mas a preservação da funcionalidade e da eficiência. Questões relacionadas com a segurança também são abordadas pelas atividades de "limpeza".

As ações de limpeza para conservar a função do sistema podem ser diferentes para cada sistema. Os serviços de limpeza, mais do que limpar, varrer, aspirar, ventilar o trocador de calor com OFDN (ou ar comprimido) não incluem as atividades descritas no checklist de PPM e mencionadas aqui, como serviços de limpeza funcionais. Por exemplo, a limpeza higiênica (usando produtos químicos), com a desmontagem completa dos componentes do sistema (evaporadores, dutos, etc.), deve ser formulada e contratada separadamente.

INSPEÇÃO DE RUÍDOS

Normalmente, essa inspeção de ruídos é uma percepção pessoal para analisar ruídos criados por um componente. E esse ruído deve ser verificado se ele é diferente do ruído causado pelo mesmo componente funcionando normalmente. Se o ruído for considerado "anormal", em alguns casos, devem ser utilizados instrumentos (medidores de som) para determinar o nível de ruído emitido no ambiente.

A inspeção de ruídos, geralmente não está no escopo de atividades normais de manutenção e deve ser acordada separadamente pelas partes contratuais (serviço separado).

A lista dos itens a seguir indica as áreas e os componentes do checklist de PPM para sistemas RAC onde as atividades necessárias detalhadas são listadas como exemplo (Anexo A4 deste documento). O escopo dos trabalhos pode mudar para cada sistema. Apenas os componentes reais disponíveis são aplicáveis para uma especificação específica do checklist de PPM. Outras seções não disponíveis não devem ser consideradas.

8.2. AGRUPAMENTO DAS ATIVIDADES SUJEITAS A MANUTENÇÃO (RAC)

1. Compressores alternativos e rotativos
2. Trocador de calor
   - 2.1 Condensador resfriado a ar
   - 2.2 Condensador resfriado a água
   - 2.3 Condensador evaporativo
   - 2.4 Evaporadores, ar > fluido frigorífico
   - 2.5 Evaporador secundário, (água, salmoura) > fluido frigorífico
   - 2.6 Resfriador de ar, ar > fluido secundário (água, salmoura)
3. Componentes do circuito frigorífico
   - 3.1 Linhas de transferência de fluido frigorífico
   - 3.2 Válvulas de controle
   - 3.3 Sistema de controle e gerenciamento de processos (SCGP), e dispositivos de segurança
   - 3.4 Medição do processos e instrumentos de indicação
4. Sistemas de refrigeração
   - 4.1 Sistemas de refrigeração evaporativa
   - 4.2 Sistemas de refrigeração seca
5. Tubulação e estrutura > água e salmoura (circuito secundário)
   - 5.1 Bombas
   - 5.2 Válvulas de bloqueio, válvulas de controle e balanceamento
   - 5.3 Coletor de sujeira (filtro)
   - 5.4 Tubulação (água e salmoura)
   - 5.5 Vaso de expansão
6. Sistemas de tratamento de ar
   - 6.1 Ventiladores
   - 6.2 Dutos e filtros de ar (para locais acessíveis)
7. Instalações elétricas e sistemas de controle e gerenciamento de processos (SCGP)
   - 7.1 Quadro de controle (elétrico/ comando)
   - 7.2 Motor elétrico

   7.3 Transmissão por correia em V
   7.4 Acoplamento de condução (embreagem)
8. Verificação/teste de vazamentos
9. Documentação e monitoramento

8.3. DEMANDA EM MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA

Consulte o anexo A4 do documento. O checklist anexo descreve as atividades de manutenção requeridas para as diferentes partes de uma instalação, grupos de montagem ou aparelhos. É possível que haja detalhes e desvios específicos de produtos ou instalações, os quais devem ser incluídos junto com a descrição de cada programa de manutenção.

Os procedimentos de manutenção são classificados como:

1. Atividades executadas periodicamente, programadas com a regularidade necessária;
2. Atividades sob demanda, executadas após uma inspeção periódica.

Os intervalos de tempo não são prescritos e devem ser determinados de acordo com:

1. O sistema ou aparelho específico, suas condições de funcionamento e localização;
2. Instruções de fabricantes e as empresas de instalação;
3. Requisitos legais;
4. Outros problemas dependentes do sistema.

Com o desenvolvimento do programa de manutenção específico do sistema, os intervalos de tempo necessários devem ser adicionados ao checklist.

O fornecimento de materiais, peças e materiais de consumo está sujeito a um acordo contratual individual separado. A recarga e o recolhimento de fluidos frigoríficos e lubrificantes devem ser medidos com uma balança confiável. A quantidade pesada de cada processo deve ser registrada no registro do sistema RAC (e os dados devem ser registrados no Pró-Ozônio).

A eliminação de contaminantes, como fluidos frigoríficos, lubrificantes, filtro secador, etc., não é abordada pelas atividades de PPM. Se esses tipos de contaminantes estiverem envolvidos, a eliminação estará sujeita a atividades metódicas, de acordo com a legislação local, incluindo a gestão de verificação.

Observações gerais para a aplicação dos checklists

Edifícios, naturalmente, têm uma infinidade de diferentes instalações e equipamentos técnicos que podem ser considerados como um todo ou separadas por um programa de manutenção preventiva e planejada. Portanto, é possível ter apenas uma ou diversas empresas prestadoras de diferentes serviços para cada parte do edifício. Um dos fatores substanciais para a boa operação de todos os sistemas e para cada parte de cada sistema são suas interações adequadas. O proprietário do edifício (ou o operador do sistema, a pessoa autorizada) é responsável pela coordenação dos negócios e por delegar responsabilidades, informações e funções. Essas atividades não fazem parte de um PPM específico e devem ser executadas pela pessoa autorizada ou ser delegadas à empresa prestadora de serviços (considerando esses serviços separadamente).

8.4. MANUTENIBILIDADE DE SISTEMAS DE RAC

Cada componente do sistema sujeito a PPM deve ser acessível. Os componentes, conjuntos ou equipamentos devem ser de fácil manutenção, o que significa, mais especificamente:

1. Disponibilidade da funcionalidade do sistema;
2. Os produtos armazenados dentro do espaço refrigerado devem ser realocados (no momento da manutenção do local).

ANEXO 1

Formulário para Inventário de Componentes do Sistema de RAC

Formulário para Inventário de Componentes do Sistema de RAC		**Caso Nº:**
Marque a Caixa e Preencha as Informações – Use o desenho do circuito de refrigeração para orientação, modifique se necessário		
Informações do Local		
(1) Nome do técnico/Empresa:		(2) Cliente/Endereço:
(3) Fabricante do Sistema:		(4) Nome do Contato e Informações sobre o Operador do Sistema
(5) Data:	(6) Data do início da Operação:	(7) Telefone:
Fluido frigorífico:		
(08) Tipo de fluido frigorífico: O→R22 O→R404A O→R407A O→R410A O→R507 O→R290 O→R717 O→Outro=		
(09) Carga Total de Fluido Frigorífico:		(10) Tipo e volume do Tanque de Líquido:
Informações sobre a Aplicação		
(11) Tipo de Unidade de Condensação/Nº:		(13) Fabricante do compressor:
(12) Tipo do Kit de Compressor/Nº:		(14) Tipo de Compressor/Nº e Qtde:
(15)Tipo/Nº e Quantidade de locais refrigerados (Evaporador):[1]		
(16) NT / Temperatura Normal (positiva)		(17) LT / Baixa Temperatura(negativa)
(18) Supermercado ([2+3] Favor Especificar)=		
(19) Câmara Frigorífica ([3] Favor Especificar)=		
(20) A/C – Chiller ([4]Favor Especificar)=		
(21) A/C – Sistema Split ([4]Favor Especificar)=		
(22) Equipamento Plug-In ([3]Favor Especificar)=		
(23) Outro (Favor Especificar)=		
(24) Temperatura do Produto Resfriado t_{prod}= °C		(25) Temperatura Ambiente t_{amb}= °C
(26) Temperatura de Evaporação t_o = °C		(27) Temperatura de Condensação t_c= °C
(28) Superaquecimento do Gás de Sucção Δt_{Sh} = K		(29) Subresfriamento do Líquido Δt_{Sc} = K
Equipamentos/Sistemas complementares de Refrigeração		
(30) Degelo Elétrico		(31) Sistema de Subresfriamento do Fluido Frigorífico (“*subcooler*”)
(32) Degelo por Gás Quente DGQ		(33) Sistema de Recuperação de Calor

(34) Chave de Controle de Nível de Fluido Frigorífico	(35) Sistema de Alerta da Presença de Fluido Frigorífico (Gás)
(36) Sistema de Controle do Nível de Óleo do Compressor	(37) Outro=

Componentes do Circuito de Refrigeração					
	Qtde/Comprimento	**Dimensão Tipo**		**Qtde/ Comprimento**	**Dimensão Tipo**
(38) Linha de Descarga de Ref. LD			(39) Linha de Líquido Condensado de Ref. LC		
(40) Linha de Líquido de Ref. LL			(41) Linha de Distribuição de Ref. LDS		
(42) Linha de Sucção de Ref. LS			(43) Tubo de Subida da Linha de Sucção TSLS		
(44) Amortecedor de Vibração LD			(45) Amortecedor de Vibração LS		
(46) Amortecedor de Vibração ...			(47) Separador de Óleo		
(48) Tanque de Líquido			(49) Válvula de Segurança		
(50) Filtro Secador LL			(51) Filtro Secador LS		
(52) Filtro Secador ...			(53) Filtro de fluido frigorífico		
(54) Regulador de Nível de Óleo			(55) Filtro de Óleo		
(56) Visor de Líquido LL			(57) Visor de Líquido ...		
(58) Válvula Solenóide LL			(59) Válvula Solenoide DGQ		
(60) Válvula Solenoide ...			(61) Válvula de Expansão Termostática VET		
(62) VET (Válvula de Expansão Termostática)			(63) Distribuidor de Líquido de Ref.		
(64) Acumulador de Sucção			(65) Válvula de bloqueio[5] LD		
(66) Válvula de Bloqueio[5] LL			(67) Válvula de bloqueio[5] Linha de Óleo		
(68) Válvula de Bloqueio[5] ...			(69) Válvula Schrader5		
(70) Pressostato de Baixa			(71) Limitador de Baixa Pressão		
(72) Pressostato de Alta			(73) Limitador de Alta Pressão		
(74) Manômetro de Alta			(75) Manômentro de Baixa		
(76) Pressostato Diferencial de Óleo			(77) Outro=		

[1] A quantidade de locais refrigerados é igual à quantidade de válvulas de expansão (TEV) dentro de um circuito de refrigeração.

[2] Expositor Multideck, expositor horizontal, expositor tipo ilha, etc. - [3] Produtos lácteos, carne, vegetais, sorvete, bebidas, etc.

[4] Refrigeração em geral, refrigeração de processo, refrigeração de equipamento de processamento de dados, etc.

[5] Além das válvulas Rota-Lock do compressor, tanque de líquido, etc.

ANEXO 2

Registro de Teste do Circuito de Refrigeração

Registro de Teste do Circuito de Refrigeração		
Nº do Processo:		Data:
Cliente:		Empresa:
Endereço:		Nome:
Instalação:		Contato:
Tipo de Fluido Frigorífico: R	Quantidade nominal de carga: kg	Avaliação da carga de fluido:

1	p_{eV1}	Pressão na entrada do compressor		bar	2	t_{V1}	Temperatura do fluido frigorífico na entrada do compressor (convertida a partir da pressão)		°C
3	p_{eV2}	Pressão na saída do compressor		bar	4	t_{V2}	Temperatura do fluido frigorífico na saída do compressor (convertida a partir da pressão)		°C
5	p_{eB1-2}	Pressão B1 na saída do tanque de líquido		bar	6	t_{B1-2}	Temperatura do fluido frigorífico líquido saturado na saída do tanque de líquido (convertida a partir da pressão)		°C
7	p_{e02}	Pressão do vapor de fluido frigorífico saturado na saída do evaporador		bar	8	t_{02}	Temperatura do vapor de fluido frigorífico saturado na saída do evaporador (convertida a partir da pressão)		°C
9	t_{02h}	Temperatura do vapor superaquecido na saída do evaporador		°C	10	t_{E1u}	Temperatura do líquido sub-resfriado na entrada do dispositivo de expansão (VET)		°C
11	Δt_{02h}	Superaquecimento calculado na saída do evaporador$\Delta t02h = t_{02h} - t_{02}$ (superaquecimento da VET)		K	12	Δp_{oil}	Diferencial de pressão de óleo = pressão da saída da bomba de óleo - pressão de óleo do cárter		bar
13	t_{V1h}	Temperatura do vapor de fluido frigorífico superaquecido na entrada do compressor		°C	14	t_{V2h}	Temperatura do vapor de fluido frigorífico superaquecido na saída do compressor		°C
15	$t_{óleo}$	Temperatura do óleo		°C	16	Δt_{V1h}	Superaquecimento calculado na entrada do compressor $\Delta t_{u1h} = t_{u1h} - t_{u1}$		K
17	$óleo_{cor}$	Cor do óleo dentro do visor de óleo do compressor			18	$óleo_{nível}$	Nível de óleo dentro do visor de óleo do compressor		

19	t_{amb1}	Temperatura do ar externo		°C	20	t_{amb2}	Temperatura da sala de máquinas		°C
21	t_{sala}	Temperatura do local refrigerado		°C	22	Ventilação da sala	Condição do sistema de ventilação da sala de máquinas		
23	$t_{cL1/W1}$	Temperatura da entrada de ar/água do condensador		°C	24	$t_{cL2/W2}$	Temperatura da saída de ar/água do condensador		°C
25	$t_{0L1/K1}$	Temperatura da entrada de ar/água do evaporador		°C	26	$t_{0L2/K2}$	Temperatura da saída de ar/água do evaporador		°C

27	HP-G	Temperatura de corte da mínima pressão de alta		°C	28	PC	Temperatura de corte do regulador de pressão do ventilador do condensador		°C
29	HP-L	Temperatura de corte do pressostato de alta pressão		°C	30	PC	Temperatura de reset do regulador de pressão do ventilador do condensador		°C
31	HP-SL	Temperatura de corte do pressostato de segurança de alta pressão		°C	32	TZ	Temperatura de corte do termostato para proteção contra congelamento		°C
33	LP-G	Pressão de corte da máxima pressão de baixa		bar	34	FZ	Temperatura de corte do termostato de proteção do fluxo de água / verificar se $p_{e01} > t_{01}$		°C
35	LP-L	Pressão de corte do limitador de baixa pressão		bar	36	HGB	Temperatura de ativação do desvio de gás quente / verificar se $p_{e02} > t_{02}$		°C

37	S	Visor de líquido / > bolhas > limpo > ...			38	S	Indicador de umidade do visor de líquido / > úmido > seco > médio		
39	F	Temperatura padrão entre a entrada e a saída do filtro secador		K	40	F	Sinais de corrosão no filtro secador		
41	Vibr.	Condição do amortecedor de vibração			42	Vibr.	Condição das molas do compressor		
43	Linhas	Condição das linhas de transferência do fluido frigorífico / sucção, descarga, líquido, ...			44	Cond.	Condição da bandeja e drenagem de condensado		
45	VET	Condição da válvula de expansão termostática			46	Solen.	Condição da válvula solenoide		
47	Isol.	Condição do isolamento / linha de sucção, linha de injeção, linha de líquido...			48	Detector	Realizar verificação de vazamento usando um detector de gás apropriado		

Observações:

Assinatura do Técnico

Registro da Corrente & do Teste de Resistência do Isolamento do Motor										
Nº do Processo:								Data:		
Cliente:								Empresa:		
Endereço:								Nome:		
Instalação:								Contato:		
#	**Descrição do contator de força do motor**	**Consumidor (motor)**	**Fabricante e Tipo**	**Corrente / Tensão nominal**	**L1**	**L2**	**L3**	**Proteção contra sobrecarga**	**Ponto de ajuste**	**Disjuntor**
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Teste de Resistência de Isolamento do Motor (corrigido para a temperatura) conforme IEEE43 a 500 Vcc

T_R é a temperatura de referência (°C) para a qual todas as medições são corrigidas > T_R = 40 °C

T_A é a temperatura de teste real / K_T é o fator de correção de temperatura em T_A

Equação para determinar o TAIR abaixo é > $TAIR = MIR \times K_T$

Data / Hora	Resistência de Isolamento medida Valor / MIR (MΩ)	Temperatura (°C) medida (T_A)	Valor da Resistência de Isolamento Ajustada para a Temperatura TAIR (MΩ)	Fator de Compensação da Temperatura (K_T)

Para determinar o Fator de Compensação de Temperatura K_T favor consultar a tabela à direita! >>

T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T	T_A °C	K_T
1	0,07	14	0,16	27	0,41	40	1	53	2,46	66	6,06	79	14,93	92	36,76
2	0,08	15	0,18	28	0,44	41	1,07	54	2,64	67	6,5	80	16	93	39,4
3	0,08	16	0,19	29	0,47	42	1,15	55	2,83	68	7	81	17,15	94	42,22
4	0,08	17	0,2	30	0,5	43	1,23	56	3,03	69	7,46	82	18,38	95	45,26
5	0,09	18	0,22	31	0,54	44	1,32	57	3,25	70	8	83	19,7	96	48,5
6	0,09	19	0,23	32	0,57	45	1,41	58	3,48	71	8,57	84	21,11	97	52
7	0,1	20	0,25	33	0,62	46	1,52	59	3,73	72	9,19	85	22,63	98	55,71
8	0,11	21	0,27	34	0,66	47	1,62	60	4	73	9,85	86	24,25	99	59,71
9	0,12	22	0,29	35	0,71	48	1,74	61	4,29	74	10,56	87	26	100	64
10	0,13	23	0,31	36	0,76	49	1,87	62	4,59	75	11,31	88	27,86	101	68,59
11	0,13	24	0,33	37	0,81	50	2	63	4,92	76	12,13	89	29,86	102	73,52
12	0,14	25	0,35	38	0,87	51	2,14	64	5,28	77	13	90	32	103	78,79
13	0,15	26	0,38	39	0,93	52	2,3	65	5,66	78	13,93	91	34,3	104	84,45

Assinatura do Técnico

ANEXO 3

Relatório para Análise de Vazamentos de Fluidos Frigoríficos

Relatório para Análise de vazamento de fluido frigorífico		**Nº:**
Preencha este relatório e caso necessário faça um esboço do circuito frigorífico e anexe para orientação		
Informações Gerais		
(01) Técnico ou empresa de manutenção:		(04) Cliente/Endereço:
(02) Fabricante do sistema de refrigeração:		(05) Pessoa de contato e informações do operador do sistema:
(03) Data:	(6) Data de início de operação:	(06) Telefone:
Fluido Frigorífico		
(07) Tipo de fluido frigorífico: →R22 →R407A →R410A →R290 outro=		(10) Quantidade do fluido frigorífico recolhido (kg)>
(08) Fluido frigorífico acrescentado (vazamento)		(11) Recarga completa de fluido frigorífico
(09) Quantidade do fluido frigorífico acrescentado (kg)>		(12) Total de fluido frigorífico recarregado (kg) >
Informações da Instalação		
(13) Unidade interna tipo/modelo/nº:		(15) Fabricante do sistema:
(14) Unidade externa tipo/modelo/nº:		
Local do Vazamento		
(16) Linha de descarga do compressor		(25) Compressor
(17) Linha de expansão		(26) Válvula de segurança
(18) Linha de sucção		(27) Filtro – Linha de líquido
(19) Amortecedor de vibração da linha de descarga		(28) Interruptor de pressão / Transmissor
(20) Separador de líquido		(29) Dispositivo de expansão
(21) Evaporador		(30) Outros:
(22) Válvula de serviço		(31) Ponto de vazamento não acessível (coberto)
(23) Válvula Schrader		(32) Vazamento não encontrado
(24) Condensador do fluido frigorífico		
Motivo do Vazamento - Nota: Mais do que um motivo de vazamento pode ser aplicável!		
(33) Oscilação / Vibração		(41) Pulsação na descarga de gás
(34) Suporte da linha de transferência de fluido frigorífico inadequada		(42) Corrosão
(35) Ponto de brasagem inadequado		(43) Brasagem capilar deficiente
(36) Conexão flangeada mal vedada		(44) Conexão roscada mal vedada
(37) Flange mal vedado		(45) Válvula Schrader mal vedada
(38) Ponto de solda inadequado		(46) Danos de transporte
(39) Danos causados por terceiros		(47) Outros
(40) Parte defeituosa/fabricante & tipo do componente		(48) Assinatura do técnico

ANEXO 4

Checklist de Manutenção Preventiva

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		Página 01	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	Descrição das atividades	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
1. Compressor alternativo e rotativo			
1.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
1.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
1.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
1.4	Medição da pressão de sucção[2]	X	
1.5	Medição da temperatura de sucção na entrada do compressor[2]	X	
1.6	Medição da pressão de descarga[2]	X	
1.7	Medição da temperatura de descarga	X	
1.8	Inspeção do nível de óleo[2]	X	
1.9	Análise da acidez do óleo[2]	X	
1.10	Troca de óleo [1/2]		X
1.11	Medição da pressão de óleo[2]	X	
1.12	Ajuste da pressão do óleo, caso seja necessário (seguir instruções do fabricante)[2]		X
1.13	Medição da temperatura do óleo antes e após o resfriador de óleo[2]	X	
1.14	Medição da temperatura de água antes e após o resfriador de óleo[2]	X	
1.15	Inspeção do funcionamento do separador de óleo	X	
1.16	Inspeção do funcionamento do aquecedor do cárter	X	
1.17	Inspeção do funcionamento do sistema sem carga	X	
1.18	Inspeção do funcionamento do controle de capacidade	X	
1.19	Inspeção do funcionamento da linha de gás quente	X	
1.20	Inspeção de vazamento no selo mecânico	X	
1.21	Inspeção das válvulas de isolamento (localizada entre o transdutor de pressão e a tubulação)		X
1.22	Medição da temperatura dos rolamentos e mancais	X	
1.23	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico (conforme seção 8)	X	
1.24	Unidades de acionamento[3]	Página 13	
1.25	Verificação do desempenho e sistema de controle	Página 12	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 02**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	**Execução**	
		Periodicamente	**Sob Demanda**
2. Trocador de calor			
2.1 Condensador resfriado a ar			
2.2.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
2.1.2	Inspeção das aletas e correção entre o espaçamento das mesmas		X
2.1.3	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
2.1.4	Inspeção da fixação e ruído	X	
2.1.5	Medição da temperatura de condensação[2]	X	
2.1.6	Medição da temperatura de sub-resfriamento[2]	X	
2.1.7	Medição da temperatura do ar na entrada e saída do condensador[2]	X	
2.1.8	Ventilador	Página 11	
2.1.9	Verificação do ajuste da pressão de condensação	X	
2.1.10	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico (conforme seção 8)	X	
2.1.11	Medição do desempenho e sistema de controle	Página 12	
2.2 Condensador resfriado a água			
2.2.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
2.2.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
2.2.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
2.2.4	Medição da temperatura de condensação[2]	X	
2.2.5	Medição da temperatura de sub-resfriamento[2]	X	
2.2.6	Medição da temperatura da água na entrada e saída do condensador[2]	X	
2.2.7	Determinação da temperatura de proteção anticongelamento (água)[2]	X	
2.2.8	Inspeção do controle de resfriamento de água	X	
2.2.9	Ajuste do controlador de água		X
2.2.10	Bomba	Página 09	
2.2.11	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico e lubrificante (conforme detalhes na seção 8)	X	
2.2.12	Verificação do funcionamento do controlador de proteção contra congelamento	X	
2.2.13	Recarga do fluido anticongelante	X	
2.2.14	Verificação do desempenho e sistema de controle	Página 12	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		Página 03	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	Descrição das atividades	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
2.3 Condensador evaporativo			
2.3.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
2.3.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
2.3.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
2.3.4	Medição da temperatura de condensação[2]	X	
2.3.5	Medição da temperatura de sub-resfriamento[2]	X	
2.3.6	Medição da temperatura de bulbo úmido	X	
2.3.7	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico e lubrificante (conforme seção 8)	X	
2.3.8	Verificação dos pontos de vazamento de água	X	
2.3.9	Ventilador	Página 11	
2.3.10	Verificação da distribuição e alimentação de água	X	
2.3.11	Verificação do nível da água	X	
2.3.12	Verificação do funcionamento do sistema de abastecimento de água	X	
2.3.13	Verificação do funcionamento do eliminador de névoa (inspeção visual)	X	
2.3.14	Verificação do funcionamento do sistema de retirada de lodo	X	
2.3.15	Ajuste do sistema de retirada de lodo	X	
2.3.16	Verificação do sistema de drenagem	X	
2.3.17	Filtros	Página 09	
2.3.18	Verificação do aquecedor da bandeja	X	
2.3.19	Bomba	Página 09	
2.3.20	Verificação do aquecimento na superfície	X	
2.3.21	Unidades de acionamento	Página 13	
2.3.22	Verificação das condições de higiene (limpeza)	X	
2.3.23	Verificação do desempenho e sistema de controle	Página 12	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 04**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	**Execução**	
		Periodicamente	**Sob Demanda**
2.4 Evaporador a ar (com fluido frigorífico)			
2.4.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
2.4.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
2.4.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
2.4.4	Inspeção das aletas e correção entre o espaçamento das mesmas		X
2.4.5	Medição da pressão de evaporação[2]	X	
2.4.6	Medição da temperatura de evaporação na saída do evaporador[2]	X	
2.4.7	Verificação do valor da temperatura de superaquecimento2	X	
2.4.8	Medição da temperatura do ar na entrada e saída do evaporador[2]	X	
2.4.9	Ventilador	Página 11	
2.4.10	Inspeção do funcionamento do regulador de pressão de sucção	X	
2.4.11	Inspeção do funcionamento do dreno de condensado	X	
2.4.12	Limpeza do dreno de condensado		X
2.4.13	Inspeção do funcionamento do sistema de anticongelamento	X	
2.4.14	Inspeção do funcionamento do aquecedor do dreno de condensado	X	
2.4.15	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico e lubrificante (conforme seção 8)	X	
2.4.16	Verificação das condições de higiene (limpeza)	X	
2.4.17	Verificação do desempenho e sistema de controle	Página 12	
2.5 Trocador com fluido intermediário (água ou salmoura)			
2.5.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
2.5.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]	X	
2.5.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
2.5.4	Medição da pressão de evaporação[2]	X	
2.5.5	Medição da temperatura de evaporação na saída do evaporador[2]	X	
2.5.6	Verificação do valor da temperatura de superaquecimento[2]	X	
2.5.7	Medição da temperatura média da entrada/saída do evaporador[2]	X	
2.5.8	Verificação da temperatura mínima (de proteção) para o não congelamento do fluido intermediário[2]	X	
2.5.9	Inspeção do nível do fluido frigorífico (evaporador inundado)	X	
2.5.10	Bomba	Página 09	
2.5.11	Verificação dos pontos de vazamento de fluido (conforme detalhes na seção 8)	X	
2.5.12	Verificação do desempenho e sistema de controle	Página 12	

[1,2,3]veja página anterior

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada		
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 05**

Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	Descrição das atividades	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
2.6 Resfriador de ar com fluido intermediário (água ou salmoura) "fan coil"			
2.6.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
2.6.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
2.6.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
2.6.4	Inspeção das aletas e correção entre o espaçamento das mesmas	X	
2.6.5	Medição da temperatura média de entrada e saída do resfriador[2]	X	
2.6.6	Medição da temperatura do ar na entrada e saída do refriador[2]	X	
2.6.7	Verificação do valor da temperatura de superaquecimento[2]	X	
2.6.8	Verificação do sistema de aquecimento[2]	X	
2.6.9	Ventilador	Página 11	
2.6.10	Verificação do funcionamento da válvula de by-pass	X	
2.6.11	Verificação do funcionamento da válvula solenoide	X	
2.6.12	Inspeção do funcionamento do dreno de condensado	X	
2.6.13	Limpeza do dreno de condensado	X	
2.6.14	Inspeção do funcionamento do sistema de anticongelamento	X	
2.6.15	Inspeção do funcionamento do aquecedor do dreno de condensado	X	
2.6.16	Verificação das condições de higiene (limpeza)	X	
2.6.17	Bomba	Página 09	
2.6.18	Verificação dos pontos de vazamento de água/salmoura	X	
2.6.19	Verificação do desempenho e sistema de controle	Página 12	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada		
Refrigeração e Ar Condicionado		Página 06
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	Descrição das atividades	Execução
		Periodicamente / Sob Demanda
3. Componentes do circuito de refrigeração		
3.1 Linhas		
3.1.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X
3.1.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]	Sob Demanda: X
3.1.3	Verificação de danos no isolamento	X
3.1.4	Inspeção da fixação e ruído	X
3.1.5	Inspeção dos amortecedores de vibração	X
3.1.6	Verificação de obstrução no filtro secador	X
3.1.7	Retirada do filtro secador[1]	Sob Demanda: X
3.1.8	Verificação das condições do fluido frigorífico na forma líquida através do visor de líquido (na linha de líquido)	X
3.1.9	Verificação do indicador de umidade por mudança de cor	X
3.1.10	Inspeção do nível de líquido no tanque	X
3.1.11	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico (conforme seção 8)	X
3.2 Controles e válvulas		
3.2.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X
3.2.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]	Sob Demanda: X
3.2.3	Verificação de danos no isolamento	X
3.2.4	Inspeção da fixação e ruído	X
3.2.5	Verificação da regulagem da válvula de controle	X
3.2.6	Ajuste da válvula de controle	Sob Demanda: X
3.2.7	Verificação do funcionamento da válvula de passagem	X
3.2.8	Verificação do funcionamento da válvula de retenção	X
3.2.9	Verificação do funcionamento da válvula de 4 vias (aquecimento/resfriamento)	X
3.2.10	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico (conforme seção 8)	X
3.3 Desempenho do sistema de controle (dispositivos de segurança)		
3.3.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X
3.3.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]	Sob Demanda: X
3.3.3	Inspeção e teste de operação	X
3.3.4	Ajuste conforme dados de projeto	X
3.3.5	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico (conforme seção 8)	X
3.3.6	Verificação do desempenho e sistema de controle	X

[1,2,3]veja página anterior

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 07**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
3.4 Instrumentos indicadores			
3.4.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
3.4.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
3.4.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
3.4.4	Verificação do indicador de pressão (integridade)	X	
3.4.5	Verificação do indicador de temperatura (integridade)	X	
3.4.6	Verificação do indicador de nível (integridade)	X	
3.4.7	Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico (conforme seção 8)	X	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 08**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
4. Sistemas de resfriamento			
4.1 Sistemas de resfriamento evaporativo (torre de resfriamento)			
4.1.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
4.1.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
4.1.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
4.1.4	Verificação de vazamento	X	
4.1.5	Ventilador	Página 11	
4.1.6	Verificação da alimentação e distribuição de água	X	
4.1.7	Verificação do nível da água	X	
4.1.8	Verificação do funcionamento do sistema de abastecimento de água	X	
4.1.9	Verificação do funcionamento do eliminador de névoa (inspeção visual)	X	
4.1.10	Verificação do funcionamento do sistema de retirada de lodo	X	
4.1.11	Ajuste do sistema de retirada de lodo		X
4.1.12	Verificação do sistema de drenagem	X	
4.1.13	Filtros	X	
4.1.14	Verificação do aquecedor da bandeja	X	
4.1.15	Bomba	X	
4.1.16	Verificação do aquecimento na superfície	X	
4.1.17	Unidades de acionamento	X	
4.1.18	Verificação das condições de higiene (limpeza)	X	
4.1.19	Verificação do desempenho e sistema de controle	X	
4.2 Sistemas de resfriamento seco			
4.2.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
4.2.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
4.2.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
4.2.4	Verificação de vazamento	X	
4.2.5	Ventilador	Página 11	
4.2.6	Verificação do controle de proteção anticongelamento	X	
4.2.7	Verificação das condições de higiene (limpeza)	X	
4.2.8	Verificação do desempenho e sistema de controle	X	

[1,2,3]veja página anterior

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 09**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
5. Tubulação e seus componentes do circuito secundário (água e salmoura)			
5.1 Bombas			
5.1.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
5.1.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
5.1.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
5.1.4	Inspeção de funcionamento	X	
5.1.5	Inspeção do sistema de controle de nível	X	
5.1.6	Verificação de vazamento (visual)	X	
5.1.7	Unidade de acionamento	Página 13	
5.1.8	Verificação do desempenho e sistema de controle	X	
5.2 Válvulas de passagem, balanceamento e controle			
5.2.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
5.2.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
5.2.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
5.2.4	Inspeção de funcionamento	X	
5.2.5	Verificação de vazamento (visual) (conforme seção 8)	X	
5.3 Filtros			
5.3.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
5.3.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
5.3.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
5.3.4	Limpeza dos filtros de tela (peneira)	X	
5.3.5	Verificação de vazamento (visual) (conforme seção 8)	X	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração & Ar Condicionado		**Página 10**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
5.4 Tubulação (água/salmoura)			
5.4.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
5.4.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
5.4.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
5.4.4	Inspeção de danos no isolamento	X	
5.4.5	Verificação do funcionamento do indicador de temperatura (integridade)	X	
5.4.6	Verificação do funcionamento do indicador de pressão (integridade)	X	
5.4.7	Verificação dos amortecedores de vibração	X	
5.4.8	Inspeção do sistema anticongelamento	X	
5.4.9	Verificação do sistema de aquecimento de superfície	X	
5.4.10	Inspeção do funcionamento dos aparelhos e equipamentos de segurança	X	
5.4.11	Verificação de pulga de ar	X	
5.4.12	Verificação de vazamento (visual)	X	
5.5 Vasos de expansão			
5.5.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
5.5.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
5.5.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
5.5.4	Verificação das válvulas de passagem e do tubo de expansão	X	
5.5.5	Verificação da pressão no vaso de expansão	X	
5.5.6	Verificação do coxim hidráulico	X	
5.5.7	Criação do coxim hidráulico		X
5.5.8	Verificação do funcionamento da válvula de segurança	X	
5.5.9	Verificação de vazamento (visual)	X	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 11**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
6. Sistemas de manuseio do ar			
6.1 Ventiladores			
6.1.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
6.1.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
6.1.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
6.1.4	Verificação do balanceamento do ventilador	X	
6.1.5	Ajuste das lâminas (pás)	X	
6.1.6	Inspeção de ruído dos rolamentos	X	
6.1.7	Lubrificação dos rolamentos		X
6.1.8	Verificação das conexões	X	
6.1.9	Verificação dos amortecedores de vibração	X	
6.1.10	Verificação dos equipamentos de segurança	X	
6.1.11	Verificação do controle de ventilação	X	
6.1.12	Verificação das condições de higiene (limpeza)	X	
6.1.13	Verificação do sistema de drenagem	X	
6.1.14	Unidades de acionamento	Página 13	
6.2 Dutos e filtros de ar (para regiões acessíveis)			
6.2.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
6.2.2	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão interna	X	
6.2.3	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
6.2.4	Inspeção da fixação e ruído	X	
6.2.5	Verificação do sistema de drenagem	X	
6.2.6	Limpeza do sistema de drenagem[1]		X
6.2.7	Verificação de vazamento de ar nas junções flexíveis	X	
6.2.8	Verificação de vazamento de ar	X	
6.2.9	Inspeção de corrosão ou dano nos filtros	X	
6.2.10	Limpeza dos filtros[1]		X

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 12**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
7. Instalações elétricas e medição de desempenho e sistema de controle			
7.1 Quadro de controle			
7.1.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
7.1.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
7.1.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
7.1.4	Inspeção das conexões elétricas	X	
7.1.5	Apertar todas as conexões elétricas (com o circuito desligado)	X	
7.1.6	Inspeção visual dos condutores elétricos (soltos/desgastados)	X	
7.1.7	Verificar e registrar tensão elétrica dos diversos circuitos[2]	X	
7.1.8	Verificar e registrar o consumo de energia das cargas principais[2]	X	
7.1.9	Verificação do funcionamento dos componentes de medição elétrica	X	
7.1.10	Verificação de desgaste dos componentes de medição elétrica	X	
7.1.11	Configuração do desempenho e sistema de controle	X	
7.1.12	Medição de sinais de entrada e testes conforme definidos no projeto elétrico	X	
7.1.13	Verificar e registrar configurações de operação[2]	X	
7.1.14	Realizar e registrar calibrações e parametrizações[2]	X	
7.1.15	Verificar pontos ligados/desligados	X	
7.1.16	Verificar tempos de operação do equipamento a fim de planejar as manutenções	X	
7.1.17	Medição do valor máximo da corrente elétrica do equipamento e verificação do ajuste do sistema de segurança de corrente elétrica	X	
7.1.18	Revisão do histórico de diagnósticos incluindo incidentes e alarmes	X	
7.1.19	Inspeção do funcionamento dos dispositivos de segurança	X	
7.1.20	Inspeção dos controles e sistema de segurança	X	
7.1.21	Configuração dos parâmetros de segurança[2]	X	
7.1.22	Verificação das lâmpadas indicadoras	X	
7.1.23	Verificação dos sistemas de alarmes	X	
7.1.24	Verificação do funcionamento do interruptor de emergência	X	
7.1.25	Inspeção da ventilação de entrada e saída	X	
7.1.26	Inspeção das baterias de reserva (substitua se necessário)[1]	X	

[1,2,3]veja página anterior

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 13**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
7.2 Motor elétrico			
7.2.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
7.2.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
7.2.3	Inspeção da fixação e ruído (rolamento)	X	
7.2.4	Lubrificação dos rolamentos[1]		X
7.2.5	Apertar todas as conexões elétricas (com circuito elétrico desligado)	X	
7.2.6	Inspeção visual dos condutores elétricos (soltos/desgastados)	X	
7.2.7	Verificar e registrar tensão elétrica dos diversos circuitos[2]	X	
7.2.8	Verificar e registrar o consumo de energia[2]	X	
7.2.9	Medição das fases[2]	X	
7.2.10	Teste do isolamento elétrico[2]	X	
7.2.11	Inspeção do sentido de rotação	X	
7.2.12	Inspeção do funcionamento dos dispositivos de segurança e proteção	X	
7.3 Correia de transmissão			
7.3.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
7.3.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
7.3.3	Inspeção da tensão e alinhamento da correia	X	
7.3.4	Ajuste da tensão e alinhamento da correia		X
7.3.5	Substituição da correia de transmissão[1]		X
7.3.6	Inspeção do funcionamento dos dispositivos de segurança e proteção	X	
7.4 Acoplamento de transmissão			
7.4.1	Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa	X	
7.4.2	Limpeza para melhor funcionamento[1]		X
7.4.3	Inspeção da fixação e ruído	X	
7.4.4	Inspeção do alinhamento	X	
7.4.5	Verificação do óleo	X	
7.4.6	Substituição do óleo[1]		X

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

[2]Os dados de medição devem ser registrados

[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 14**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
8. Verificação/Teste de vazamentos			
8.1 Inspeção e métodos de testes de vazamentos indiretos			
8.1.1	Inspeção e análise dos registros de manutenção e reparo	X	X
8.1.2	Inspeção dos registros de manuseio de fluido frigorífico (recarga, recolhimento)	X	X
8.1.3	Inspeção dos dados do sistema (projeto e operação)	X	X
8.1.4	Inspeção de ruído e vibração	X	X
8.1.5	Inspeção de corrosão	X	X
8.1.6	Inspeção de vazamentos de óleo	X	X
8.1.7	Inspeção de avaria dos componentes	X	X
8.1.8	Inspeção dos dispositivos de segurança	X	X
8.1.9	Inspeção dos controles e sensores de pressão	X	X
8.1.10	Inspeção das condições dos manômetros	X	X
8.1.11	Definir valores de inspeção para os dispositivos de segurança e controle de pressão	X	X
8.1.12	Verificar temperatura e pressão de operação do sistema	X	X
8.1.13	Verificar parâmetro de temperatura para refrigeração	X	X
8.1.14	Verificar nível nos visores de liquido ou indicadores de nível	X	X
8.1.15	Verificar se a queda de eficiência do sistema	X	X

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		Página 15	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	Descrição das atividades	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
8. Verificação/Teste de vazamentos			
8.2 Inspeção e métodos de testes de vazamentos diretos			
8.2.1	Detecção de vazamento de fluido frigorífico por meio de detector de gás portátil	X	X
8.2.2	Verificar sensibilidade (deve estar em 5 gramas por ano)	X	X
8.2.3	Verificar a calibração do detector de gás portátil	X	X
8.2.4	Verificação de vazamento por meio de nitrogênio seco com água e sabão	X	X
8.2.5	Verificação de vazamento por meio de vestígios de óleo	X	X
8.2.6	Inspeção nas conexões de solda ou brasagem	X	X
8.2.7	Inspeção de vazamentos nas válvulas (tampas, hastes das válvulas de serviços, schrader, etc.)	X	X
8.2.8	Verificação de vazamento nos retentores, selos e flanges	X	X
8.2.9	Verificação de vazamento nas regiões de vibração	X	X
8.2.10	Verificação de vazamento na carcaça dos filtros secadores com núcleo substituível	X	X
8.2.11	Verificação de vazamento nos dispositivos de segurança	X	X
8.2.12	Verificação de vazamento nos plugues fusíveis	X	X
8.2.13	Verificação de vazamento nos discos de ruptura	X	X
8.2.14	Verificação de corrosão e danos mecânicos nas curvas e tubos dos condensadores	X	X
8.2.15	Verificação de corrosão e danos mecânicos nas curvas e tubos dos evaporadores	X	X
8.2.16	Verificação de vazamento nos pressostatos	X	X
8.2.17	Verificação de vazamento nas válvulas solenoides, partes móveis e juntas	X	X
8.2.18	Verificação de vazamento nas bandejas e dreno de condensado	X	X
8.2.19	Verificação de vazamento no visor de líquido, conexões e vidro	X	X
8.2.20	Reparo obrigatório dos vazamentos detectados[1]	X	X
8.2.21	Repetir a detecção de vazamentos nos componentes, quando tiverem sido consertados	X	X
8.2.22	Atualizar livro de registros com detalhes e retorno dos resultados das inspeções dos vazamento	X	X
8.2.23	Reinspeção do vazamento consertado, 30 dias após o reparo[1]	X	X

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada			
Refrigeração e Ar Condicionado		**Página 16**	
Item Grupo de Montagem/ Componente Atividade	**Descrição das atividades**	Execução	
		Periodicamente	Sob Demanda
9. Documentação e identificação (componentes do sistema e sala de máquinas)			
9.1	Verificar disponibilidade das instruções do fabricante	X	
9.2	Verificar disponibilidade do projeto elétrico	X	
9.3	Verificar disponibilidade do diagrama de fluxo	X	
9.4	Verificar disponibilidade das instruções de manutenção	X	
9.5	Verificar disponibilidade das informações operacionais para o usuário	X	
9.6	Verificar disponibilidade da placa de identificação do sistema	X	
9.7	Documentação referente à verificação dos equipamentos sob pressão e seus componentes	X	
9.8	Disponibilidade do livro de registros (consumo de fluido frigorífico, reparos, manutenção preventiva planejada)	X	
9.9	Verificar registros de teste de estanqueidade	X	
9.10	Verificar registros e integridade do livro de registros	X	
9.11	Verificar disponibilidade de identificação necessária para segurança	X	
9.12	Verificar visualidade da identificação e avisos de segurança	X	
9.13	Verificar identificação de emergência, primeiros socorros e plano de ação	X	
9.14	Verificar disponibilidade de dados de contato das empresas de instalação e manutenção	X	

[1]O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

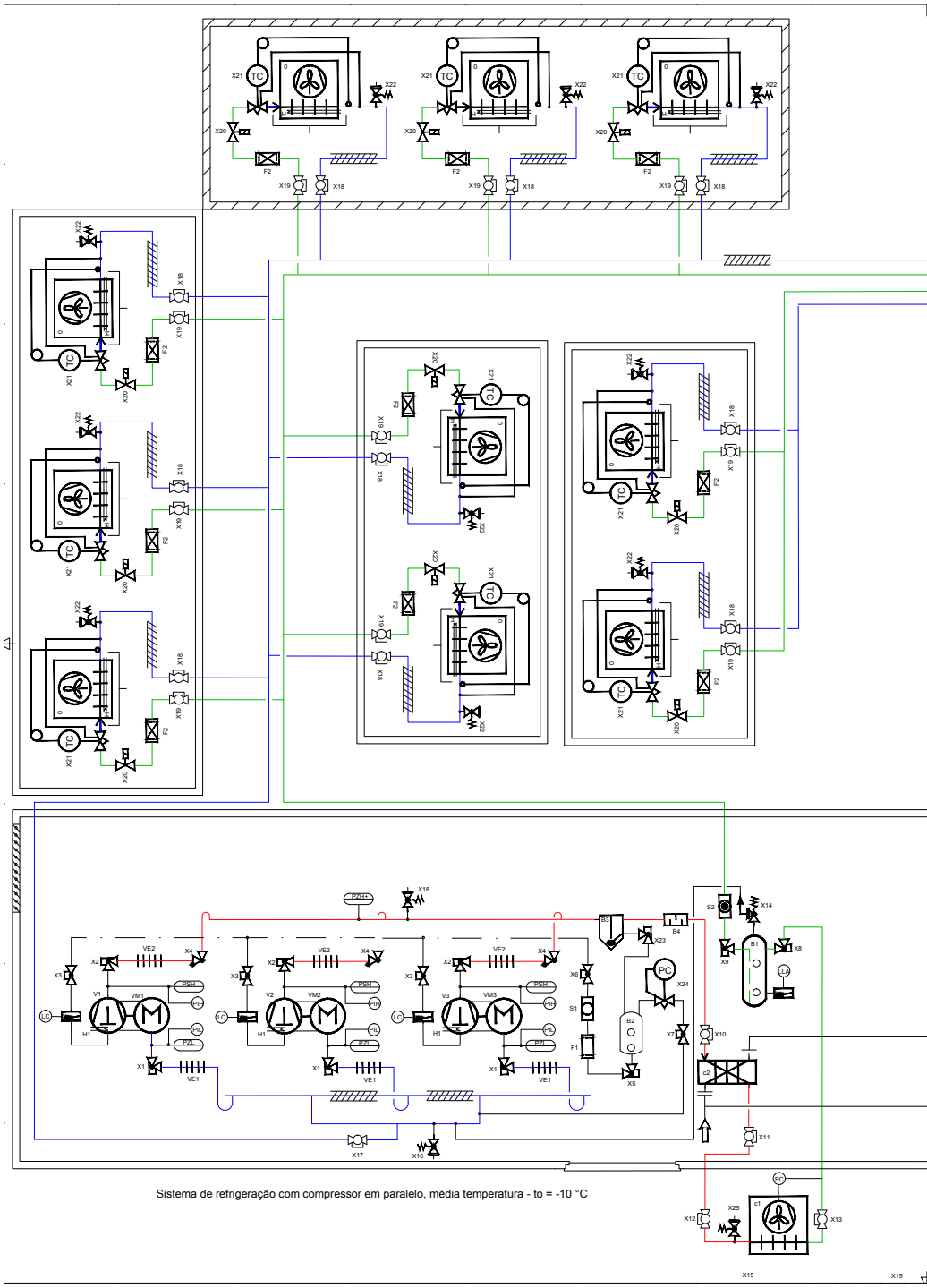
[2]Os dados de medição devem ser registrados

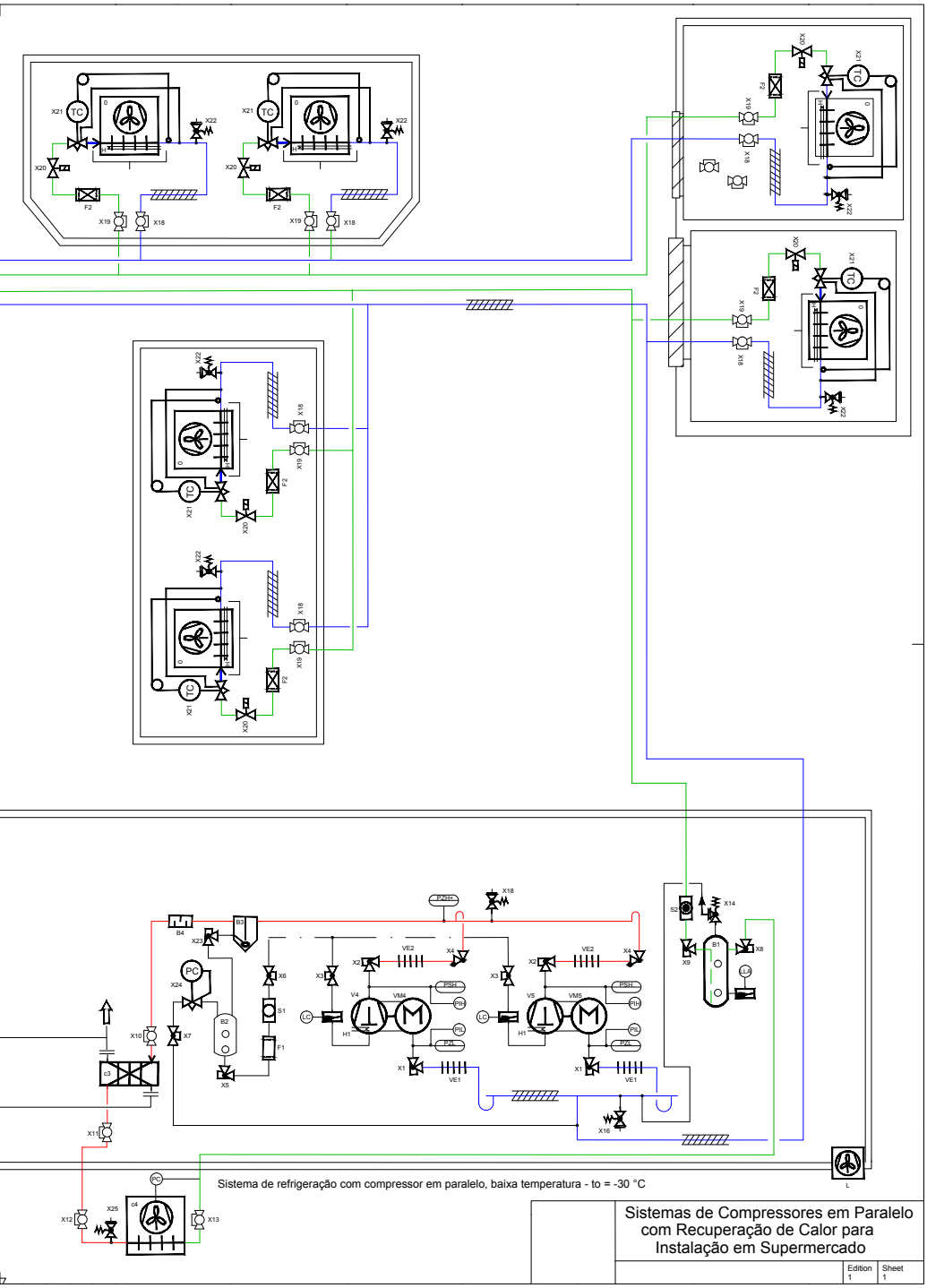
[3]Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada

ANEXO 5

Exemplo de Sistema de Compressores em Paralelo com Recuperação de Calor para Instalação em Supermercado

Item	Descrição
0	Posição de Refrigeração do evaporador
B1	Tanque de líquido
B2	Reservatório de óleo
B3	Separador de óleo
B4	Abafador
C1	Condensador mais sistema de refrigeração
c2	Trocador de calor de recuperação de calor mais sistema de refrigeração
c3	Trocador de calor de recuperação de calor menos sistema de refrigeração
c4	Condensador menos sistema de refrigeração
F1	Filtro de óleo
F2	Filtro secador
H	Resistência de degelo
H1	Resistência de aquecimento do cartér do compressor
L	Ventilação da sala de máquinas
LC	Regulador do nível de óleo
LL	Controle da ventilação da sala de máquinas
LLA	Controle do nível de fluido frigorífico no tanque de líquido com a função de alarme
PC	Controle de pressão de condensação
PIH	Medidor de alta pressão
PIL	Medidor de baixa pressão
PSH	Pressostato de alta pressão
PZH+	Limitador de alta pressão de segurança
PZL	Pressostato de baixa pressão
S1	Visor de óleo
S2	Visor de liquido
TC	Controle de temperatura
V1	Compressor semihermético 1 - Mais refrigeração
V2	Compressor semihermético 2 - Mais refrigeração
V3	Compressor semihermético 3 - Mais refrigeração
VM1	Motor de acionamento 1
VM2	Motor de acionamento 2



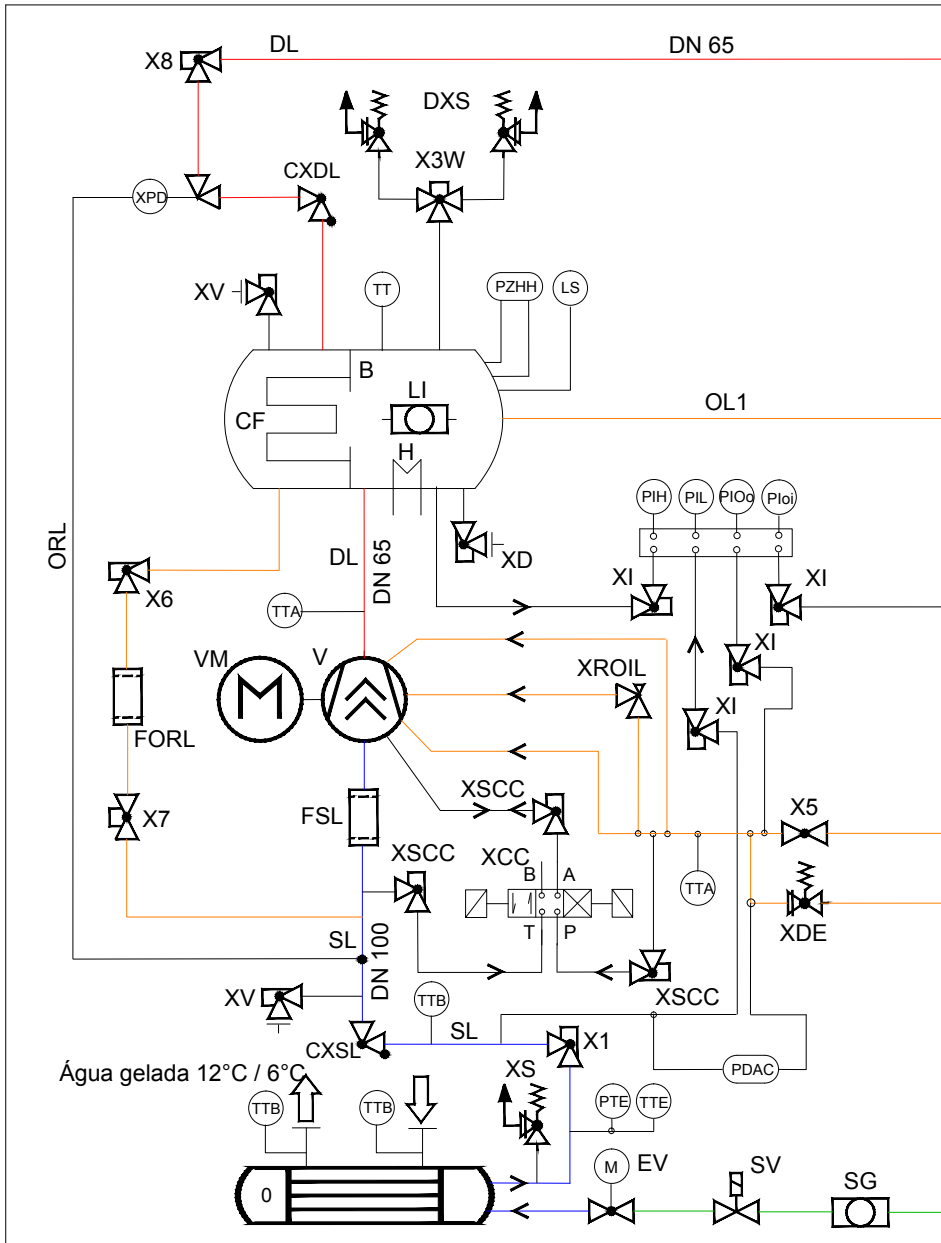


VM3	Motor de acionamento 3
VM4	Motor de acionamento 4
VM5	Motor de acionamento 5
X1	Válvula de sucção (serviço) do compressor
X10	Válvula esfera da entrada do recuperador de calor (c2)
X11	Válvula esfera da saída do recuperador de calor (c2)
X12	Válvula esfera da entrada do condensador, na linha de gás quente
X13	Válvula esfera da saída do condensador da linha de condensado
X14	Válvula de segurança de contrapressão independente
X16	Válvula schrader da linha principal de sucção
X17	Válvula esfera da linha principal de sucção
X18	Válvula schrader da linha principal de descarga
X19	Válvula esfera da linha líquido
X2	Válvula de descarga (serviço) do compressor
X20	Válvula solenóide
X21	Válvula de expansão termostática com equalização externa
X22	Válvula de serviço (Schrader) na saída do evaporador
X23	Válvula de bloqueio na saída do separador de óleo
X24	Válvula de controle de pressão do reservatório de óleo
X25	Válvula de serviço (Schrader) no condensador
X3	Válvula de bloqueio do regulador de óleo
X4	Válvula de retenção (unidirecional) da linha de descarga
X5	Válvula de bloqueio do reservatório de óleo
X6	Válvula de bloqueio da linha de retorno de óleo
X7	Válvula de bloqueio da linha de controle de pressão de óleo
X8	Válvula de bloqueio da entrada do tanque de líquido

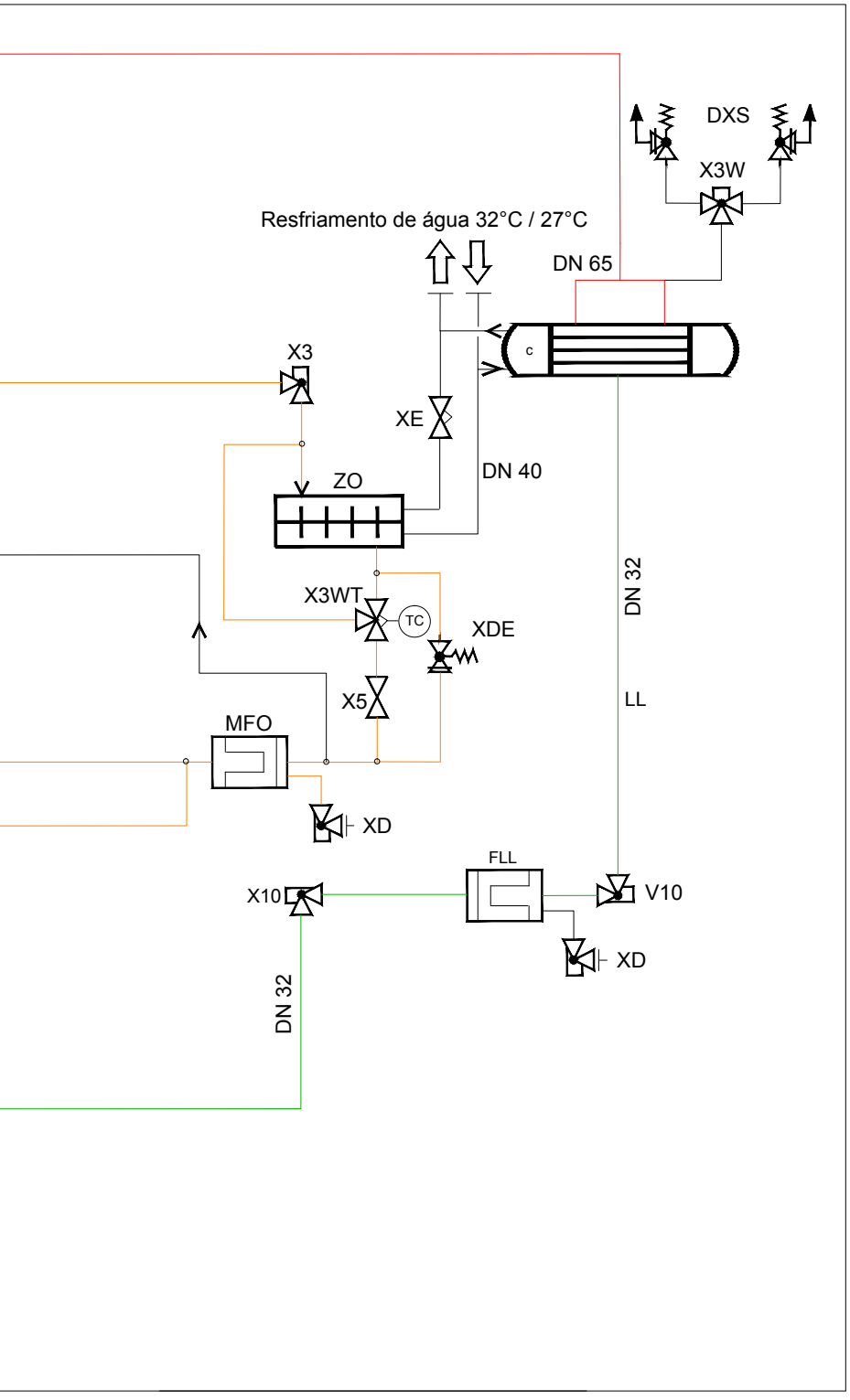
ANEXO 6

Exemplo de Sistema de Resfriamento de Água com Circuito de Refrigeração

Item	Descrição
1	Separador de óleo
2	CF- Filtro coalescence
3	CXDL - Válvula de retenção da linha de descarga
4	CXSL - Válvula de retenção da linha de sucção
5	DL - Linha de descarga
6	DXS - Válvula de segurança dupla
7	EV - Válvula de expansão (operada por motor)
8	FLL - Filtro da linha de líquido
9	FORL - Filtro de óleo
10	FSL - Filtro da linha de sucção
11	H - Aquecedor de óleo
12	LI - Indicador de nível de óleo
13	LL - Linha de líquido
14	LS - Interruptor do nível de óleo
15	MFO - Microfiltro
16	OL1 - Linha de óleo 1
17	ORL - Linha de retorno de óleo
18	PDAC - Controle de pressão diferencial de óleo
19	PIH - Manômetro de alta pressão
20	PIL - Manômetro de baixa pressão
21	PIOi - Pressão de óleo na entrada do microfiltro
22	PIOo - Pressão de óleo na saída do microfiltro
23	PTE - Transdutor de pressão para controle da EV
24	PZHH - Limitador de alta pressão
25	SG - Visor de líquido
26	SL - Linha de sucção
27	SV - Válvula solenóide
28	TT - Sensor de temperatura de 0...150°C
29	TTA - Sensor de temperatura de 0....150°C
30	TTB - Sensor de temperatura de -50...150°C
31	TTE - Sensor de temperatura para controle da EV
32	V - Compressor
33	V3 - Válvula de bloqueio da linha de óleo
34	VM - Motor de acionamento
35	X1 - Válvula de bloqueio da linha de sucção
36	X10 - Válvula de bloqueio da linha de líquido
37	X3W - Válvula de três vias
38	X3WT - Válvula termostática de três vias
39	X5 - Válvula de bloqueio da linha de óleo
40	X6 - Válvula de bloqueio da linha de retorno de óleo



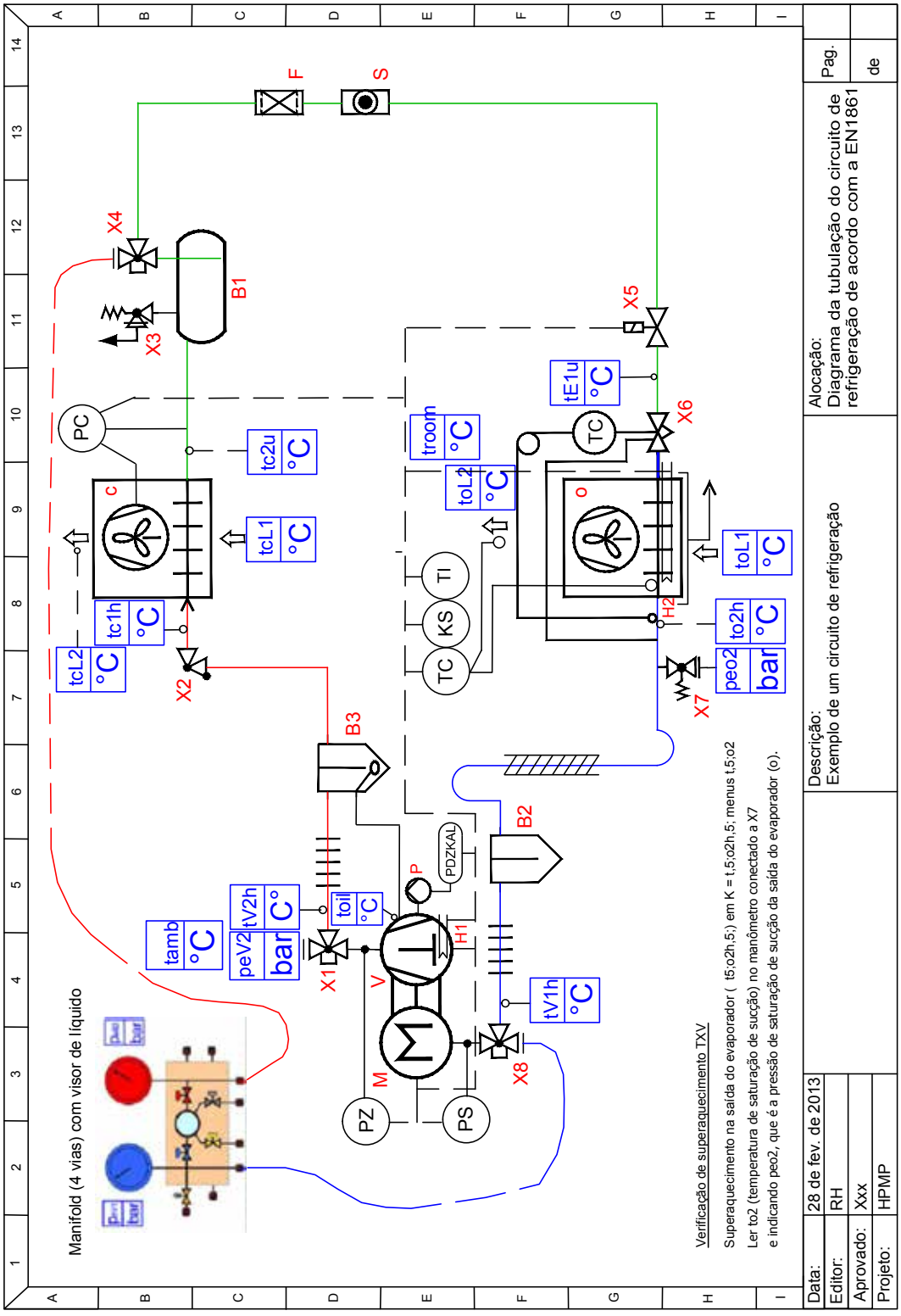
		Pagina: 1/1	Sistema de resfriamento de água com circuito de refrigeração
	Data	Nome	Sistema de expansão seca com R717 (NH3) e com compressor parafuso aberto. Condensador resfriado à água e resfriador de óleo intermediário (entre estágios)
	13.03.13	RH	



41	X7 - Válvula reguladora
42	X8 - Válvula de retenção da linha de descarga
43	XCC - Válvula de controle de capacidade
44	XD - Válvula de drenagem
45	XDE - Válvula de alívio
46	XE - Válvula de contrapressão
47	XI - Válvula do instrumento
48	XPD - Válvula de pressão diferencial
49	XROIL - Válvula de regulagem de injeção de óleo
50	XS - Válvula de segurança do resfriador de água gelada
51	XSCC - Válvula de serviço de controle de capacidade
52	XV - Válvula de purga
53	ZO - Resfriador de óleo

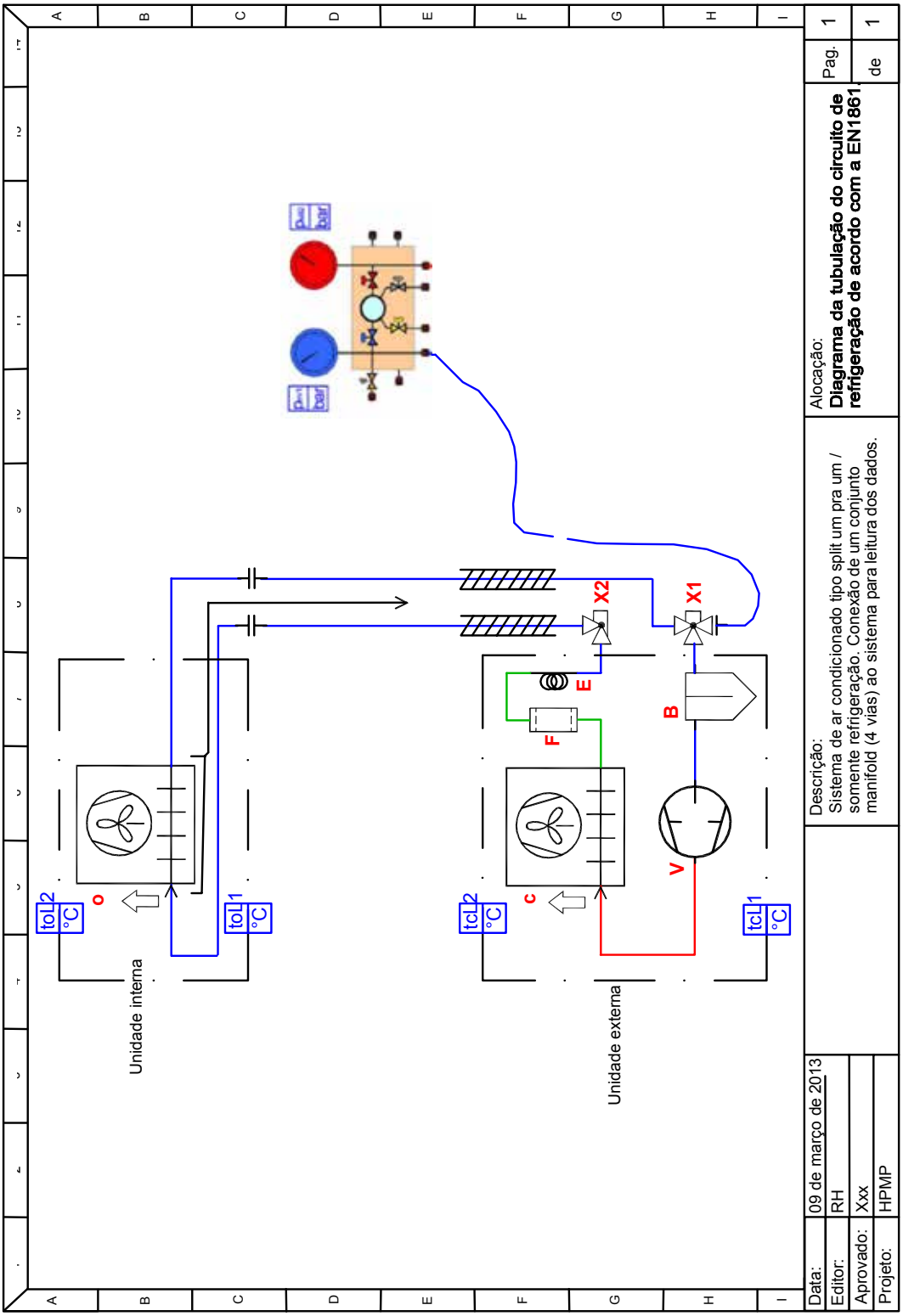
ANEXO 7

Exemplo de um Circuito de Refrigeração



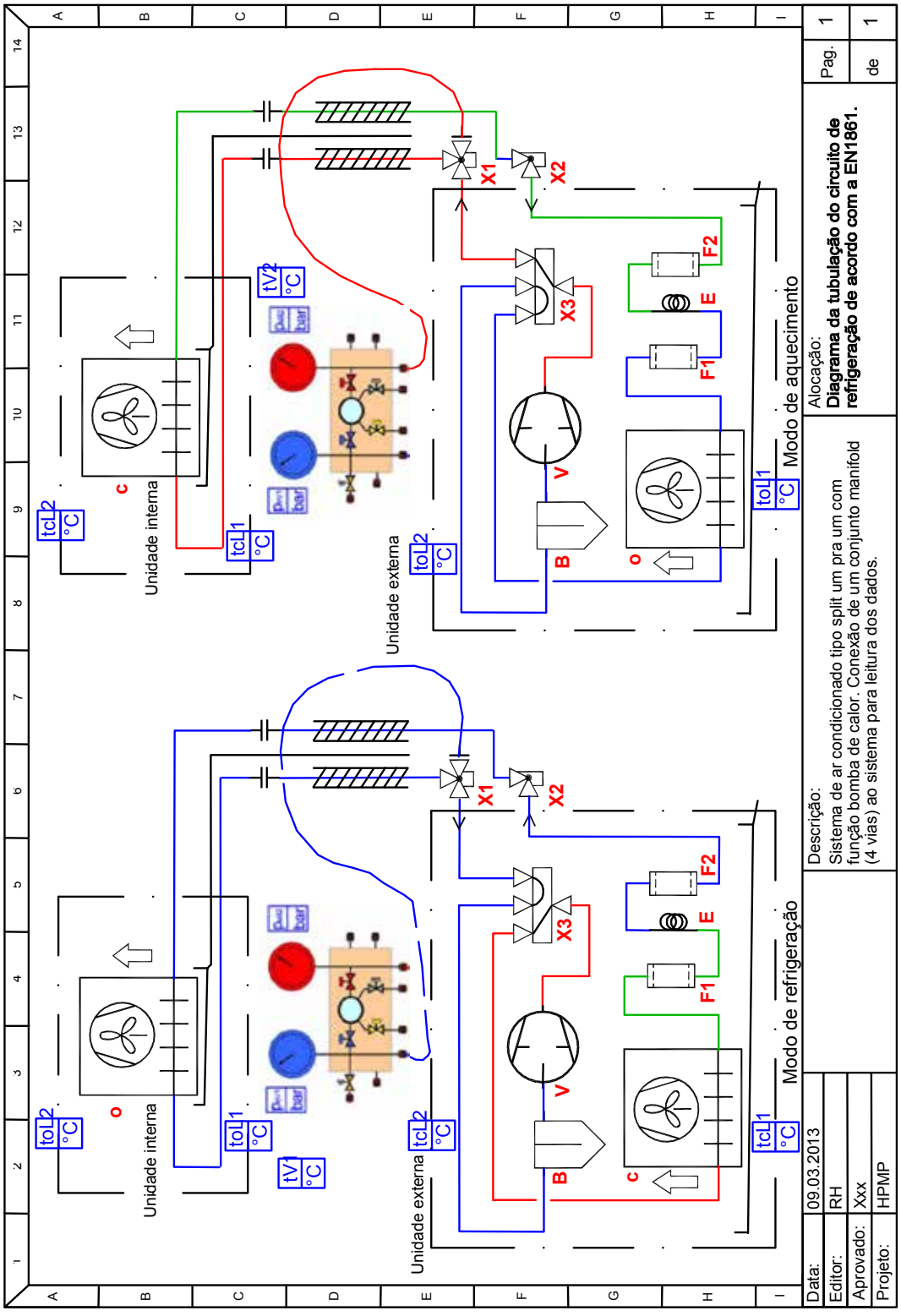
ANEXO 8

Exemplo de Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split



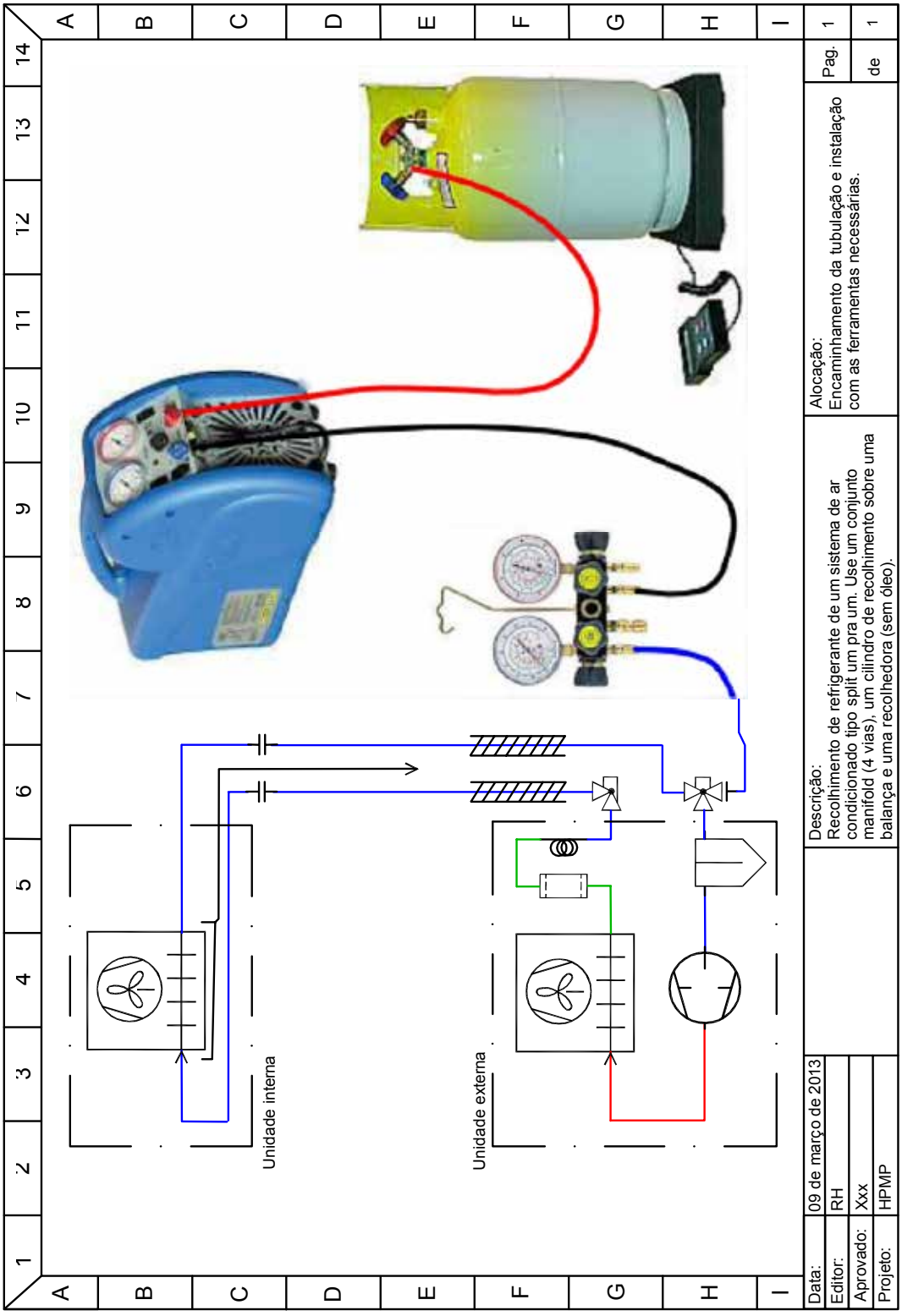
ANEXO 9

Exemplo de Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split com Função Bomba de Calor



ANEXO 10

Exemplo de Recolhimento de Fluido Frigorífico de um Sistema de Ar Condicionado do Tipo Split



Apoio

Parceria

Implementação

Por meio da:

Coordenação

Ministério do
Meio Ambiente